



T.C.

HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PRİMİNG UYGULAMALARININ KADMİYUM STRESİNE MARUZ  
BIRAKILAN BAZI ÇELTİK (*Oryza sativa* L.) ÇEŞİTLERİNDE  
ÇİMLENME, FİDE GELİŞİMİ VE BİTKİ BÜNYESİNDE BİRİKEN  
KADMİNYUM MİKTARLARI ÜZERİNE ETKİLERİ**

SAMET KARATAŞ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY

ARALIK-2019



T.C.  
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PRİMİNG UYGULAMALARININ KADMIYUM STRESİNE MARUZ  
BIRAKILAN BAZI ÇELTİK (*Oryza sativa* L.) ÇEŞİTLERİNDE  
ÇİMLENME, FİDE GELİŞİMİ VE BİTKİ BÜNYESİNDE BİRİKEN  
KADMIYUM MİKTARLARI ÜZERİNE ETKİLERİ**

**SAMET KARATAŞ**

**TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY  
ARALIK-2019**

T.C.  
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PRİMİNG UYGULAMALARININ KADMİYUM STRESİNE MARUZ  
BIRAKILAN BAZI ÇELTİK (*Oryza sativa* L.) ÇEŞİTLERİNDE ÇİMLENME,  
FİDE GELİŞİMİ VE BİTKİ BÜNYESİNDE BİRİKEN KADMİYUM  
MİKTARLARI ÜZERİNE ETKİLERİ

SAMET KARATAŞ  
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doç. Dr. Ömer KONUŞKAN danışmanlığında hazırlanan bu tez 30/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ömer KONUŞKAN  
Başkan

Prof. Dr. Hüseyin GÖZÜBENLİ  
Üye

Doç. Dr. Hüseyin GÜNGÖR  
Üye

**Kod No:**

**Doç. Dr. Cengiz KARACA**  
**Enstitü Müdürü**

Bir öge seçin.

**Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.**

30.12.2019

## **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.

**SAMET KARATAŞ**

## ÖZET

### **PRİMING UYGULAMALARININ KADMİYUM STRESİNE MARUZ BIRAKILAN BAZI ÇELTİK (*Oryza sativa* L.) ÇEŞİTLERİNDE ÇİMLENME, FİDE GELİŞİMİ VE BİTKİ BÜNYESİNDE BİRİKEN KADMİYUM MİKTARLARI ÜZETİNE ETKİLERİ**

Bu çalışmada priming (Hydropriming (H<sub>2</sub>O), Salisilik asit (SA) ve Potasyum nitrat (KNO<sub>3</sub>) uygulanan üç çeltik çeşidi (*Oryza sativa* L.) (Osmancık-97, Halilbey ve Kızıltan) üzerine çimlenme, fide gelişimi ve kadmiyumun birikimleri üzerine farklı kadmiyum dozlarının (0, 50, 100, 200, 400 mg / L) etkilerini belirlemek için yürütülmüştür.

Denemeler laboratuvar koşullarında 2019 yılında dört tekerürlü olarak tesadüf parselleri deneme deseninde yürütülmüştür. Yüksek dozda kadmiyum uygulamaları, tüm çeltik çeşitlerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerinde olumsuz etki göstermiştir. Tüm çeşitler priming uygulamalarına farklı tepkiler vermiştir. Hidropriming uygulamasının çimlenme üzerinde daha çok olumlu etki yaptığı, ancak Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>)'ın tüm çeltik çeşitleri üzerinde olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir.

Bitki köklerindeki kadmiyum içeriğinin fidenin kadmiyum içeriğinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Salisilik Asit (SA) ile priming uygulaması, fidenin kök ve sürgünlerinde tespit edilen kadmiyumda bir azalmaya neden olmuştur. Salisilik asit ile priming uygulamasının, çeltikte Cd kaynaklı etkileri azalttığı sonucuna varılmıştır.

2019, 91 sayfa

Anahtar Kelimeler: Çeltik, priming, kadmiyum, çimlenme, fide.

## ABSTRACT

### **THE EFFECTS OF PRIMING APPLICATIONS ON GERMINATION, GROWTH AND CADMIUM CONTENT OF EXPOSED TO CADMIUM STRESS SOME RICE (*Oryza sativa* L.) CULTIVARS**

This study was conducted to determine the effects of priming (Hydropriming (H<sub>2</sub>O), Salicylic acid (SA) and Potassium nitrate (KNO<sub>3</sub>)) applications on germination, seedling growth and the effects of heavy metal accumulation in the plant of three rice cultivars (Osmancık-97, Halilbey and Kızıltan) exposed to different cadmium doses (0, 50, 100, 200, 400 mg / L).

Experiments were conducted in a randomized plot design with four replications in 2019. The results indicated that the high cadmium produced negative effects on germination and seedling development in all rice paddy cultivars. All varieties had different responses to priming applications. It was observed that hydropriming application was the greatest positive effects on germination but Potassium Nitrate (KNO<sub>3</sub>) produced negative effects on all rice varieties.

It was observed that cadmium content of roots were higher than the shoots of seedlings. The priming with Salicylic Acid (SA) caused a reduction in cadmium contents of shoots and roots of the seedlings. These findings indicated that priming with SA decreased the adverse effect of cadmium.

2019, 91 pages

Key Words: Rice, priming, cadmium, germination, seedling.

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim ve tez çalışmalarım süresince, bilgisi, deneyimi ve yakın ilgisi ile bana her zaman destek olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ömer KONUŞKAN' a;

Tez çalışmalarına yapmış oldukları destek ve katkılarından dolayı saygıdeğer hocam Prof. Dr. Hüseyin GÖZÜBENLİ' ye;

Her konuda olduğu gibi Yüksek lisans eğitimim konusunda da teşvik ve desteklerini esirgemeyen, Binali Yıldırım Üniversitesi Eczacılık Fakültesi öğretim üyelerinden Sayın hocam Cüneyt Türkeş' e

Yüksek Lisans Laboratuvar Çalışmalarımı Kurumumuz Laboratuvarlarında yürütebilmem konusundaki gerekli izinleri sağlayan Kurum Müdürümüz Adem ÇAKAR' a, Kurum Müdür Yardımcımız Yavuz ÇIĞIR'a ve Kimyasal Analiz Laboratuvarı birim sorumlumuz Aycan YILMAZ' a

Tez çalışmalarım esnasında denemelerin kurulmasında ve yürütülmesinde yardım ve desteklerini esirgemeyen, Kimyasal Analiz Laboratuvarı ekip arkadaşlarım, Şerif KAVUŞ, Fatih ORHAN, Ö. Faruk SARITAŞ' a ve stajyer öğrencilerimiz Ömer BUDAK ile Gizem BULUT' a;

Hayatımın her döneminde olduğu gibi Yüksek Lisans Öğrenimim esnasında da maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen çok kıymetli babam Naci KARATAŞ, annem Nejla KARATAŞ ve değerli kardeşlerime;

Her konuda olduğu gibi bu süreçte de sabır ve özveri ile hep yanımda olan, yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli eşime, oğluma ve kızım' a;

İsimlerini burada zikredemediğim ama yardım ve desteklerini esirgememiş herkese;

Gönülden teşekkür ve saygılarımla...

Samet KARATAŞ

Aralık, 2019

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

<b>ÖZET</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>III</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>VII</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>X</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>6</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>15</b>
3.1. MATERYAL.....	15
3.1.1. Araştırmada Kullanılan Çeltik Çeşitlerinin Genel Özellikleri .....	15
3.1.2. Denemede Kullanılan Tohumların % Nem ve Bin Tane Ağırlıkları .....	16
3.1.2.1. Bin Tane Ağırlıkları (g).....	16
3.1.2.2. Tohum Nem Oranları (%).....	16
3.2. YÖNTEM.....	17
3.3. ARAŞTIRMADA İNCELENEN ÖZELLİKLER.....	21
3.3.1. Tohum Bin Tane Ağırlığı (g): .....	21
3.3.2. Tohum Rutubet Oranı (%): .....	21
3.3.3. Çimlenme oranı (%):.....	22
3.3.4. Çimlenme İndeksi: .....	22
3.3.5. Ortalama Çimlenme Süresi (gün): .....	22
3.3.6. Tolerans İndeksi: .....	22
3.3.7. Kök uzunluğu (mm): .....	23
3.3.8. Sürgün uzunluğu (mm): .....	23
3.3.9. Sürgün Yaş Ağırlığı (mg): .....	23
3.3.10. Kök Yaş Ağırlığı (mg): .....	23
3.3.11. Sürgün Kuru Ağırlığı (mg /10 bitki): .....	23
3.3.12. Kök Kuru Ağırlığı (mg /10 bitki):.....	23
3.3.13. Sürgün Ağır Metal (Cd) İçeriği (ppm):.....	24
3.3.14. Kök Ağır Metal (Cd) İçeriği (ppm):.....	24
3.4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	26
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA</b> .....	<b>27</b>
4.1. Çimlenme oranı (%).....	27
4.2. Çimlenme İndeksi .....	30
4.3. Ortalama Çimlenme Süresi (gün) .....	34
4.4. Tolerans İndeksi.....	38



4.5. Kök Uzunluğu (mm) .....	42
4.6. Sürgün Uzunluğu (mm) .....	45
4.7. Kök Yaş Ağırlığı (mg) .....	49
4.8. Sürgün Yaş Ağırlığı (mg).....	52
4.9. Kök Kuru Ağırlığı (mg) .....	55
4.10. Sürgün Kuru Ağırlığı (mg).....	59
4.11. Kök Kadmiyum (Cd) İçeriği (ppm) .....	63
4.12. Sürgün Kadmiyum (Cd) İçeriği (ppm).....	70
4.13. Kök, Sürgün ve Çeşitlerin Kadmiyum İçeriklerinin Karşılaştırmalı olarak Değerlendirilmesi .....	77
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>80</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>84</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>91</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Priming uygulamalarından bir kesit. ....	18
Şekil 3. 2. Tohum dizme, paketlenme ve iklim dolabına yerleştirme aşamalarından bir kesit. ....	19
Şekil 3. 3. Çimlenme testleri ve elde edilen çeltik fidelerinin farklı günlerinden bir kesit ....	20
Şekil 3. 4. Denemede kullanılan hassas terazi ve dijital kumpas. ....	24
Şekil 3. 5. Denemede kullanılan wessel ve mikrodalga çözündürme seti.....	25
Şekil 3. 6. Denemede kullanılan ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi) ....	25
Şekil 4. 1. Osmancık-97 çeşidinde farklı priming uygulamalarının, kadmiyum ağır metali dozlarındaki kök kadmiyum içeriklerine etkisi.....	67
Şekil 4. 2. Halilbey çeşidinde farklı priming uygulamalarının, kadmiyum ağır metali dozlarındaki kök kadmiyum içeriklerine etkisi.....	68
Şekil 4. 3. Kızıltan çeşidinde farklı priming uygulamalarının, kadmiyum dozlarındaki kök kadmiyum içeriklerine etkisi.....	69
Şekil 4. 4. Osmancık-97 çeşidinde farklı priming uygulamalarının, kadmiyum dozlarındaki kök kadmiyum içeriklerine etkisi.....	74
Şekil 4. 5. Halilbey çeşidinde farklı priming uygulamalarının, kadmiyum dozlarındaki kök kadmiyum içeriklerine etkisi.....	75
Şekil 4. 6. Kızıltan çeşidinde, farklı Priming uygulamalarının, kadmiyum dozlarındaki sürgün kadmiyum içeriklerine etkisi.....	76
Şekil 4. 7. Farklı çeltik çeşitlerinin kök ve sürgünlerinden tespit edilen toplam kadmiyum içeriklerinin karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi.....	78
Şekil 4. 8. Farklı çeltik çeşitlerine ait fidelerden tespit edilen toplam kadmiyum içeriklerinin karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi.....	79

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. 1.	Gübrelerdeki ağır metal eşik değerleri (Anonim, 2018) .....	2
Çizelge 4. 1.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, çimlenme oranları etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu .....	27
Çizelge 4. 2.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının çimlenme oranlarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.....	28
Çizelge 4. 3.	Çeltikte, çeşit x priming interaksyonunda belirlenen çimlenme oranları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	29
Çizelge 4. 4.	Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen çimlenme oranları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar.....	30
Çizelge 4. 5.	Farklı çeltik çeşitlerinde, priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, çimlenme indeksi etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu .....	30
Çizelge 4. 6.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının çimlenme indeksine etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.....	31
Çizelge 4. 7.	Çeltikte çeşit x priming interaksyonunun çimlenme indeksine etkisine ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	33
Çizelge 4. 8.	Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen çimlenme indeksi değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar.....	34
Çizelge 4. 9.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, çimlenme süreleri etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu .....	35
Çizelge 4. 10.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının çimlenme süresine etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.....	36
Çizelge 4. 11.	Çeltikte, Priming x Kadmiyum dozları interaksyonu ortalama çimlenme süresine ait değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	37
Çizelge 4. 12.	Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen çimlenme süresi değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar.....	37
Çizelge 4. 13.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, tolerans indeksine etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu .....	38
Çizelge 4. 14.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının tolerans indeksine etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.....	39
Çizelge 4. 15.	. Çeltikte, çeşit x Priming interaksyonu tolerans indeksine ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	40
Çizelge 4. 16.	Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen tolerans indeksi değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	41
Çizelge 4. 17.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, kök uzunluğuna etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu.....	42
Çizelge 4. 18.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının kök uzunluklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.....	43

Çizelge 4. 19.	Çeltikte, çeşit x Priming interaksyonu kök uzunluklarına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	44
Çizelge 4. 20.	Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen kök uzunlukları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	45
Çizelge 4. 21.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, sürgün uzunluğuna etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu .....	46
Çizelge 4. 22.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının sürgün uzunluklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar. ....	47
Çizelge 4. 23.	Çeltikte çeşit x priming interaksyonunun sürgün uzunluklarına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	48
Çizelge 4. 24.	Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen sürgün uzunlukları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	48
Çizelge 4. 25.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, kök yaş ağırlığına etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu .....	49
Çizelge 4. 26.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının kök yaş ağırlıklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	50
Çizelge 4. 27.	Çeltikte, çeşit x priming interaksyonu kök yaş ağırlıklarına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	51
Çizelge 4. 28.	Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen kök yaş ağırlıkları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	51
Çizelge 4. 29.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, sürgün yaş ağırlığına etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu .....	52
Çizelge 4. 30.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının sürgün yaş ağırlıklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	53
Çizelge 4. 31.	Çeltikte çeşit x priming interaksyonu sürgün yaş ağırlığına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar. ....	54
Çizelge 4. 32.	Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen sürgün yaş ağırlıkları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	55
Çizelge 4. 33.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, kök kuru ağırlığına etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu .....	56
Çizelge 4. 34.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının kök kuru ağırlıklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	57
Çizelge 4. 35.	Çeltikte, çeşit x priming interaksyonu kök kuru ağırlıklarına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	58
Çizelge 4. 36.	Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen kök kuru ağırlıkları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	59
Çizelge 4. 37.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, sürgün kuru ağırlığına etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu .....	59
Çizelge 4. 38.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının sürgün kuru ağırlıklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	61
Çizelge 4. 39.	Çeltikte çeşit x Priming interaksyonunda belirlenen sürgün kuru ağırlıklarına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	62

Çizelge 4. 40.	Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksiyonunda belirlenen sürgün kuru ağırlıkları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	62
Çizelge 4. 41.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, kök kadmiyum içeriklerine etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu ...	63
Çizelge 4. 42.	Farklı çeltikçeşitlerinde, priming ve kadmiyum ağır metali dozlarının kök kadmiyum (Cd) içeriklerine etkisine ait ortalama değerler tablosu ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	64
Çizelge 4. 43.	Çeltikte, çeşit x priming interaksiyonununda belirlenen kök kadmiyum (Cd) içeriklerine ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	65
Çizelge 4. 44.	Çeltikte, priming x kadmiyum dozları interaksiyonunda belirlenen kök kadmiyum (Cd) içerikleri değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	66
Çizelge 4. 45.	Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, sürgün kadmiyum içeriklerine etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu .....	70
Çizelge 4. 46.	Farklı çeltikçeşitlerinde, priming ve kadmiyum ağır metali dozlarının sürgün kadmiyum (Cd) içeriklerine etkisine ait ortalama değerler tablosu ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	72
Çizelge 4. 47.	Çeltikte, çeşit x ön uygulama interaksiyonununda belirlenen sürgün kadmiyum (Cd) içeriklerine ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	72
Çizelge 4. 48.	Çeltikte, priming x kadmiyum dozları interaksiyonunda belirlenen sürgün kadmiyum (Cd) içeriklerine ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar .....	73

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

>	: Büyük
≥	: Büyük eşit
<	: Küçük
≤	: Küçük eşit
%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µm	: Mikrometre
µM	: Mikromol
cm	: Santimetre
cm <sup>2</sup>	: Santimetrekare
cm <sup>3</sup>	: Santimetre küp
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
m	: Metre
M	: Molar
MDA	: Malondialdehit
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
ppm:	: Milyonda bir
Psi	: Pounds per square inch

## KISALTMALAR

3CdSO <sub>4</sub> .8H <sub>2</sub> O	: Kadmiyumsülfat-hidrat
ABA	: Absisik Asit
Ag	: Gümüş
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Be	: Berilyum
CAT	: Katalaz
Cd	: Kadmiyum
Cd(NO <sub>3</sub> )	: Kadmiyum nitrat
CdSO <sub>4</sub>	: Kadmiyum sülfat
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
GA <sub>3</sub>	: Giberellik Asit
H <sub>2</sub> O	: Su
Hg	: Civa
HNO <sub>3</sub>	: Nitrikasit
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
ISTA	: Uluslararası Tohum Test Birliği
KNO <sub>3</sub>	: Potasyumnitrat
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
NaClO	: Sodyum hipoklorit
Ni	: Nikel

Pb	: Kurşun
SA	: Salisilik Asit
Se	: Selenyum
Si	: Siyanür
Sn	: Kalay
SOD	: Süperoksit dismütaz
V	: Vanadyum
Zn	: Çinko





## 1. GİRİŞ

Çevre kirliliği, her alanda olumsuz etkileri olan ve giderek artış gösteren en önemli sorunlardan birisidir. Ekolojik sistemler için oldukça zararlı olan bu sorunları gerek önleyici tedbirler alarak, gerekse mevcut durumu iyileştirmeye yönelik çalışmalar yaparak zarar eşiğinin altında tutmak son derece önemlilik arz etmektedir. Çok yönlü olarak kendini gösteren çevre kirliliğinin en önemli bileşenlerinden biriside, bulaştığı ortamlardan uzaklaştırılması için özel teknikler gerektiren ve yarılanma ömürleri oldukça uzun olan ağır metaller oluşturmaktadır.

Genel tanımları itibarıyla ağır metaller, özgül ağırlıkları  $5 \text{ gr/cm}^3$  den, atom numarası 20 den yüksek olan elementlerdir. Bu gruba 70 kadar element dahil olmakta, ekolojik yönden ise 20 tanesi dikkat çekmektedir (Fe, Mn, Zn, Cu, V, Mo, Co, Ni, Cr, Pb, Be, Cd, Tl, Sb, Se, Sn, Ag, As, Hg, Al ). Bunların bazıları, bitki ve hayvanlar için mikrobesein (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni) elementi olabilmekte, izin verilebilir sınırları geçmediği takdirde toksik etki göstermemektedirler (Yıldız, 2004).

Günümüzde, toprak, su ve hava gibi ortamlarda yaygın bir şekilde birikmeye başlayan ağır metaller, Dünya yüzeyindeki tüm biyolojik sistemlerin yaşamını tehdit eden önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Ağır metallerin çevreye yayılmasına sebep olan etmenlerin başında endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzozları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik faaliyetler, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile kentsel atıklar gelmektedir (Stresty ve Madhava Rao, 1999).

Havada, toprakta ve suda değişik oranlarda bulunabilen ve belirli derişimin üzerinde kirliliğe sebep olan ağır metaller, bitkiler üzerinde de strese yol açan önemli abiyotik stres faktörlerinin başında gelmektedir. Stres ise bitkilerin fizyolojisinde bozukluk oluşturur, onların genetik potansiyellerini değiştirir, verimliliklerini kısıtlar ve ölümlerine yol açarak yüksek miktarda ürün kayıpları meydana getirebilmektedir. (Kırbağ-Zengin ve Munzuroğlu, 2003).

Son zamanlarda ağır metallerin endüstriyel ürünlerde yoğun şekilde kullanılması sebebiyle, insanların, suyun, toprağın ve bitkilerin ağır metallerle kirlenmeye maruz kalma oranı önemli seviyede artış göstermiştir. Çeşme suyundaki kurşun, cıvalı

amalgam dolgular, boyalar v.b birçok üründe ağır metale rastlanmaktadır. Ayrıca tarımda kullanılan ilaçlar ve gübrelerde toprağa ciddi miktarda zehirli ağır metaller bulaştırmaktadır. Bu zehirli metallerin en önemlileri cıva, kadmiyum, kurşun, nikel, arsenik ve bakırdır. Bu toksik maddelerin toprağa ulaşması daha çok fosforlu gübreler ve bu gübrelerin hammaddelerinden kaynaklanmaktadır. Yapılan araştırmalarda fosforlu gübre imal etmek için ülke dışından ithal edilen ham fosfat kayasının ağır metal içerikleri dikkat çekecek oranda yüksek bulunmuştur. Diğer gübrelere oranla fosfat kayasının en yüksek As ve Cd içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Köleli ve Kantar, 2006). Gübrelerdeki ağır metallerin sınır değerleri Çizelge 1.1’de görülmektedir.

Çizelge 1. 1. Gübrelerdeki ağır metal eşik değerleri (Anonim, 2018)

<b>Ağır metaller</b>		<b>(mg/kg)</b>
Kadmiyum	Cd	3
Bakır	Cu	450
Nikel	Ni	120
Kurşun	Pb	150
Çinko	Zn	1100
Cıva	Hg	5
Krom	Cr	350
Kalay	Sn	10

Bitkilerin yaşamaları için gerekli olan elementlere, “Bitki besin elementleri” denilmektedir. Bitki dokularının analizinde doğada bulunan hemen hemen tüm elementleri bulmak mümkündür. Her ne kadar bitkilerin besin iyonları alımı seçici ise de, yetiştirme ortamında yaygın formda bulunan besin elementleri oranı arttıkça, bitki bünyesine pasif yollarla geçebilen bazı ağır metaller, bitkiler tarafından alınarak besin zincirine dâhil olmaktadır. Bunun sonucu olarak bitkilere ve bitkilerle beslenen insan ve hayvanlara toksik etkiler yapabilmektedirler.

Ülkemizin gerek hızla sanayileşmesi ve gerekse her geçen gün artan trafik yoğunluğuna maruz kalması diğer birçok kirleticiyle beraber ağır metallerin de çevredeki miktarlarını arttırmaktadır. Bu durum özellikle aktif hareket etme yeteneği bulunmayan bitkilerde başta ürün kaybı olmak üzere birçok olumsuzluğa sebep olmaktadır. (Munzuroğlu ve Gür, 2000)

Bu metallerden Kadmiyum (Cd), günümüzde çeşitli kullanım alanlarıyla ve çevre kirliliğindeki önemli rolü ile gündeme gelmiş, oldukça zehirli bir metaldir. Kadmiyumun son zamanlarda kirletici bir ağır metal olarak bu kadar gündemde olmasının temel nedeni çok düşük derişimlerde bile toksik olması ve biyolojik yarı ömrünün uzun olmasıdır (Lyons-Alcantara, Tarazona, & Mothersill, 1996; Okcu vd., 2009). Farklı bitki türleri ile yapılan araştırma sonuçları bitkilerin yükselen kadmiyum dozlarından olumsuz etkilendiğini fakat türlerin kadmiyuma tolerans eşiklerinin çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymaktadır (Houshmandfar and Moragebi, 2011; Kabir vd., 2008; Peralta vd., 2001; Smiri, 2011).

Toksisite, metalden metale farklılık gösterebildiği gibi, organizmadan organizmaya da değişebilmektedir. Olumlu veya olumsuz (toksik) etkiler yalnızca elementin tipi ve derişimine bağlı olmayıp değişik türlerin genetik esaslı fizyolojik davranışları ile de ilişkilidir. (Haktanır ve Arcaç, 1998).

Dolayısıyla bitki türlerin farklı stres şartlarına gösterdikleri tepkiler birbirinden farklıdır ve bu tepkilerin ayrı ayrı ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu tepkilerin bilinmesi belirli bir alanda bitkinin başarılı şekilde yetişip yetişmeyeceğini ortaya koyar. Bu stres şartlarının varlığında gerekli tedbirlerin alınması gerekir. Bu olumsuzluklar bitkinin hayatiyetini sınırlamada önemli rol oynamaktadır.

Ağır metallerin bitkiler üzerinde etkilerini araştırmak üzere yürütülen araştırmaların çoğu, bitkilerin ağır metallere toleransını ve bitkiler tarafından alınabilen (toprakdan uzaklaştırılan) miktarlarını belirlemek amacıyla yetişkin veya halihazırda çimlenmiş fideler üzerinde yapılmıştır (Peralta ve ark., 2001). Ancak, çimlenmeyi başaramayan bitkilerin fide ve olgun bitki haline gelemeyeceği bir gerçektir. Bu nedenle bitki türlerinin çimlenme ortamında var olan ağır metallerin çimlenme ve fide oluşturma yeteneği üzerine etkisinin bilinmesi bu noktada oldukça önemlidir.

Ağır metaller, çevreden kaybolmamaya karşı oldukça dirençlidir. Buna bağlı olarak insan aktivitesi ile ağır metaller yüksek seviyelere ulaştığında problemler ortaya çıkmaktadır. Bu tehlike, kirletilmiş topraklar nedeniyle ilk olarak bitkilerde ortaya çıkabilmektedir. Burada insan sağlığı için en büyük risk, bitkilerin metallere karşı

toleransını geliştirip ve bu bitkilerin besin zincirine katılmasıyla ortaya çıkar (Munzuroğlu ve Geckil 2002).

Ağır metal stresinin de içinde bulunduğu, çeşitli abiyotik ve biyotik bitki zararlılarından meydana gelebilecek zararları bertaraf etmek üzere ekim öncesi tohumlara bir takım n uygulamalar yapılabilir. Olumsuz vre faktörlerine veya doğrudan tohum kalite ve yapısına bağlı olarak çimlenme ve çıkış esnasında yaşanabilecek sorunları en aza indirmek, kısa sürede, bir kararda fide çıkışı ve kuvvetli bir fide gelişimi sağlamak ve stres şartlarına dayanıklılığı artırmak amacıyla (Khan, 1992; Parera and Cantliffe, 1994) ekim öncesinde tohuma yapılan çeşitli uygulamalar genel anlamda “Priming” olarak adlandırılmaktadır. (Heydecker ve Gibbins, 1978).

Özellikle olumsuz koşullar altında, priming uygulaması neticesinde hızlı kök ve sürgün çıkışının gerçekleşmesi daha kuvvetli fide gelişimine imkan tanımakta, kurağa karşı dayanıklılık kabiliyeti artmakta, bitkiler daha çabuk çiçeklenme göstererek hasat olgunluğuna gelmekte ve verim artmaktadır (Passam ve Kakouriotis, 1994; Lee-suskoon vd., 1998). Priming uygulamasının tarla şartlarında nohut, mısır ve çeltikte fide tesisi, bitki gelişimi ve buna bağlı olarak tohum verimini artırdığı bildirilmektedir (Harris vd., 1999). Nitekim uyarıcı uygulamaların ağır metal stresinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinin saptanması önemlilik arz etmektedir.

Çeltik (*Oryza sativa* L.) dünyada insan beslenmesinde kullanılan, gıda güvenliği açısından önemli ve dünyanın temel besin maddelerinden olan bir üründür. Yetiştirilebilmesi için gerekli olan iklim koşulları ile sıtmaya neden olabilmesi gibi sağlık nedenlerinden dolayı yetiştiriciliği izine bağlı olup sınırlı olarak tarımı yapılabilen bir sıcak iklim tahılıdır. Türkiye, eltik yetiştiriciliği bakımından önde gelen ülkeler arasındadır. Ülkede, kişi başına düşen pirinç tüketiminin artması özellikle 1980’den sonra eltik dışalımının da çoğalmasına neden olmuştur. Nitekim eltik ekiliş ve üretimi ekolojiye, ekonomiye ve pazarlama kanallarına göre yıldan yıla değişiklikler göstermektedir. Bununla birlikte en son istatistiklere göre, Marmara Bölgesi ve Edirne illerindeki eltik ekim alanlarının ülke genelinde üstünlük gösterdiği anlaşılmıştır.

Ağır metaller suda çözünebilen yapıları nedeni ile taşınabilmekte ve bitki bünyesine alınabilmektedir, yaptığımız çalışmada kullanacağımız eltik bitkisinin

yetiŖme koŖulları dikkate alındığında yoğun sulu ortamda yetiŖen eltik, sulama suyundan ya da ekim yapılacak toprağın içeriğinden kaynaklanabilecek ağır metal stresinden etkilenme olasılığı yüksek bir bitki türüdür. Ayrıca bazı bitkiler engelleyici tolerans etkisinin bir sonucu olarak ağır metal iyonlarını köklerinde tutarak diğer kısımlarına taŖınmasını engellerler, bu bakımdan bitki bünyesinde biriken ağır metallerin biriktiği bitki kısımlarının tespiti de (kök, sürgün vs.) nem teŖkil etmektedir. alıŖmamızda farklı dozlarda (0, 50, 100, 200, 400 mg/L) kadmiyum metali ve priming uygulaması yaptığımız farklı eltik eŖitlerinde çimlenme ile fide geliŖimi özellikleri yanında oluŖturulan fidelerin kök ile sürgün kısımlarında biriken ağır metal miktarı ayrı ayrı belirlenmiŖtir.

Bunlarla beraber alıŖmamızda priming uygulamalarının, farklı dozlardaki kadmiyum ağır metali stresine maruz bırakılmıŖ farklı eltik eŖitlerindeki çimlenme, fide geliŖimi ve bitki bünyesinde biriken ağır metal miktarına karŖı ne gibi etkiler gösterdiği ortaya koyulmuŖtur.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mishra ve Choudhuri (1999), Yürüttükleri çalışmada ön uygulamaların ağır metal stresine karşı etkilerini belirlemek üzere çeltik tohumlarına Salisilik asit ön uygulaması yapmışlardır. Ve araştırma sonucunda Salisilik Asit ön uygulamasının çeltik bitkisinde ağır metallere karşı direnci artırdığını bildirmişlerdir.

Jain ve ark. (2000), Şeker kamışı bitkisi üzerinde krom (Cr) metalinin etkisini araştırdıkları bir çalışmada toprakta 500 ppm Krom (Cr) metali bulunmasının, fasulye tohumlarının çimlenmesini % 48 oranında, 20 ve 80 ppm Krom (Cr) bulunmasının ise şeker kamışı bitkisinin tomurcuk çimlenmesini % 32-57 oranında azalttığını bildirmişlerdir.

Ahonen-Jonnarth ve ark. (2001), yürüttükleri çalışmada mycorrhizal olan ve mycorrhizal olmayan *Pinus sylvestris* fidelerinin besin alımları ve gelişmelerinde, artan nikel ve kadmiyum dozlarının etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada saksıda yetiştirilen bitkilere 85 µM ve 170 µM olmak üzere iki nikel (Ni) dozuyla 8.9 µM kadmiyum (Cd) uygulanmış ve netice olarak her üç uygulamada da fide yaş ağırlıklarında her iki tipte (mycorrhizal ve non-mycorrhizal) azalmalar görülmüş, radikula yaş ağırlıklarında non-mycorrhizal tipte sürekli olarak bir düşüş varken diğer tipte ise kadmiyum (Cd) ve nikelin (Ni) ilk dozunda az bir artış fakat ikinci dozda tekrardan bir azalma olduğu görülmüştür.

Gezinci (2001), Cıva (Hg<sup>++</sup>), Bakır (Cu<sup>++</sup>), Kadmiyum (Cd<sup>++</sup>) ve Kurşun (Pb<sup>++</sup>)' un arpada (*Hordeum vulgare* L.) tohum çimlenmesi ve kök büyümesi üzerine etkilerini araştırmış netice olarak, yükselen ağır metal dozlarının çimlenme ve kök gelişiminde önemli azalmalara neden olduğunu belirlemişlerdir. Denemede kullanılan çeşitler için en fazla zararı cıva göstermiş ve cıvayı sırasıyla kadmiyum, bakır ve kurşunun izlediğini bildirmişlerdir.

Peralta ve ark. (2001), yonca tohumlarında yaptıkları ağır metal stresi çimlendirme çalışmasında; 40 mg/L derişiminde nikel uygulamasının çimlenme oranını kontrole kıyasla %25 azalttığını belirlemişlerdir.

Sandalio ve ark. (2001), yürüttükleri çalışmada uygulanan Kadmiyum meteline bağlı olarak bezelye bitkisinin kökünde ve yeşil aksamında kadmiyum konsantrasyonunun arttığını bildirilmiştir.

Schützendübel ve ark. (2001), bitkilerin Kadmiyum (Cd) stresine karşı tepkiyi, en hassas kısımları olan kökleriyle göstererek fizyolojik cevap verdikleri ve kadmiyum fazlalığının kök uzunluklarında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Pandey ve Sharma (2002), yürüttükleri çalışmada lahananın gelişiminde ve metabolizmasında kobalt, kadmiyum ve nikel ağır metallerinin etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak kontrol bitkisinin gövde ve yaprak kuru ağırlığı 18.61 g iken bu durumun, 500 µM kobalt dozunda 16.68 g'a, 500 µM nikelde 16.40 g'a ve 500 µM kadmiyum etkisi altında 13.33 g'a kadar düştüğü saptanmıştır. Bu ağır metallerin bitki metabolizmasını da olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

Kırbağ-Zengin ve Munzuroğlu, (2003), Çinkonun, fasulye bitkisinde kök, gövde ve yaprak gelişmesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada artırılan çinko (kontrol, 1.5 mM, 2.0 mM ve 2.5 mM) konsantrasyonlarıyla ilişkili olarak kök (kontrole göre %29.23, %34.03 ve %14.57), gövde (kontrole göre %26.79, %30.93 ve %33.62) ve yaprak (kontrole göre %17.49, %20.99 ve %24.94) gelişiminin azaldığı ortaya konmuştur.

Seregin ve ark. (2003), tarafından yürütülen çalışmada nikel toksitesinin ve dağılımının mısır bitkisinin köklerindeki etkisi araştırılmış ve mısır bitkilerine nikelin 0, 15, 20, 25 ve 35 µM dozları uygulanmıştır. Sonuç olarak dozların artırılması ile mısır bitkisinin kök ve sürgün boylarında %40 ile %60 aralığında düşüşler olduğu saptanmıştır.

Wang ve ark. (2004), farklı seviyede ağır metal ile bulaşık topraklarda yürüttükleri çalışma neticesinde, bitkilerin değişik aksamlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının sırasıyla en çok kök, sonra gövde, sonra tohum, en son yaprak şeklinde sıralandığını ve ağır metal alımlarında sıralamanın ise Zn,Cr > Cd,Cu > Pb şeklinde olduğunu belirlemişlerdir.

Erdoğan (2005), fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) fidelerinde nikel toksisitesinin (0.5, 5, 10, 20 ve 40 mg l-1) ve bu toksisiteyi azaltmak için humik asit(0.5, 10, 20 ve 40 mg l-1) uygulamalarının etkisini araştırdığı çalışmada, düşük nikel dozlarının fasulye fidelerinin fide özellikleri ile çimlenme İndeksi özelliklerine olumlu etki gösterdiğini, nikel konsantrasyonlarının artmasıyla tüm fide özelliklerinin olumsuz etkilendiğini tespit etmiştir. Araştırmacı bununla beraber, humik asit uygulamasının nikel toksisitesinin azaltılmasında etkili olduğunu, humik asitin 10 ve 20 mg l-1 dozlarının, yüksek dozda nikelden (20 mg l-1) kaynaklanan toksisiteyi azaltmada etkili olduğunu, ancak nikelin çok yüksek derişimlerinde (40 mg l-1) toksisiteyi engellemede yetersiz olduğunu belirlemiştir.

Xu ve ark. (2006), Artan bakır derişimlerinin ürün miktarı üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada çeltik bitkisi kullanılmıştır. Çalışmada toprakta 100 mg/kg bakır bulunduğunda verim %10, 300-500 mg/kg olduğunda %50 ve 1000 mg/kg olduğunda %90 oranında düştüğü bildirilmiştir.

Sönmez ve ark. (2006), Toprakta artan düzeylerde yapılan bakır uygulamalarının (kontrol, 1000 ve 2000 ppm CuSO<sub>4</sub>) toprak pH' sı ve bitki besin maddesi alımı üzerine etkilerini belirlemek üzere yapılan bir çalışmada yükselen bakır dozlarının toprak pH'sı, değişebilir magnezyum ve bitkiye yararılı demirin azalmasına, toplam N, alınabilir P, değişebilir K, bitkiye yararılı Zn ve Cu içeriklerinin artmasına neden olduğu ifade edilmiştir.

Ayhan ve ark. (2007), Bazı mısır genotiplerinin Kadmiyum ve Kurşun stresine karşı dayanıklılığını araştırmak üzere yaptıkları çalışmada mısır genotiplerine farklı dozlarda kurşun ve kadmiyum ağır metallerini uygulamışlardır. Yaptıkları deneme neticesinde çeşitlerin çimlenme oranlarında önemli bir baskılanma görülmemesine rağmen kök ve sürgün uzunluklarındaki azalmanın önemli seviyede olduğunu belirlemişlerdir.

Uruç ve ark. (2008), Yürüttükleri çalışmada farklı bitki tohumlarının çimlenmesi üzerine, Kadmiyum (Cd) ağır metalinin farklı derişimlerinin etkisini araştırmışlardır. Araştırmada tohumlar 0, 80, 160 ve 320 mg/L Cd ağır metali solüsyonları ile işleme tabi



tutulmuştur. Deneme sonucunda, kontrol uygulamasına kıyasla uygulanan tüm Cd dozlarında çimlenme gecikmiştir.

Doğan ve Kılıç (2009), Tosunbey Ekmeklik buğday çeşidine kurşunun (Pb) farklı dozlarını (0, 10, 100 mg/L) uygulayarak meydana gelecek fizyolojik özellikleri araştırmışlardır. Araştırma sonucunda uygulanan kurşun metali uygulama dozuna bağlı olarak büyüme ve gelişmeyi engellemiştir. Ayrıca kurşunun bitki yapraklarındaki fotosentetik pigment miktarında azalmalara neden olduğunu ortaya koymuşlardır.

Singh ve ark. (2009), in-vitro şartlarda yürüttükleri çalışmada yoncanın bünyesine kadmiyum (Cd) ağır metalini alma durumunu araştırmışlardır. Denemede bitkiler ilk olarak M&S içeren sıvı besiyerinde yetiştirilmişlerdir, sonra fideler 0, 5, 10, 20 ve 50 µg ml<sup>-1</sup> dozunda kadmiyum metali içeren Steinberg çözeltisine alınmıştır ve deney 21 gün sürdürülmüştür. Araştırmacılar bitkilerin 20 ve 50 µg ml<sup>-1</sup> gibi yüksek kadmiyum derişimlerinde bitki büyümesinin etkilendiğini fakat düşük derişimlerde metal uygulamasının bitki gelişimini etkilenmeden kadmiyum'un bitki bünyesine alındığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu çalışmaya ek olarak 50 µg ml<sup>-1</sup> dozda kadmiyuma maruz bırakılan bitkilerin bünyelerine aldıkları kadmiyum içeriğine baktıklarında 12360 µg gm<sup>-1</sup> kadmiyum tespit etmişlerdir. Bitki bünyesine alınan bu kadmiyum miktarının çoğunun köklerde biriktiğini ve tespit edilen toplam kadmiyum içeriğinin sadece 1920 µg gm<sup>-1</sup>' inin saplara taşındığını ayrıca 21 günlük sürede yonca bitkilerinin yetiştirme ortamında bulunan toplam kadmiyumun %80-85' ini alma potansiyelinde olduğunu bildirmişlerdir.

Akıncı ve ark. (2011), Yürüttükleri çalışmada ıspanak bitkisine farklı dozlarda nikel uygulaması yapmışlardır. Sonuç olarak ıspanakta 25 mg/L derişiminde nikel uygulamasının çimlenme oranı kontrol ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğunu, derişimin 800 mg/L' ye yükseltilmesiyle ise çimlenme oranının %50'ye düştüğünü bildirmişlerdir.

Chitra ve ark. (2011), sera şartlarında mısır, tütün ve buğday bitkilerini kadmiyumun 3 farklı Cd (10, 30 ve 50 mg/kg) dozunu uygulayarak yetiştirmiş ve her üç bitkinin kök ve sürgünlerindeki kadmiyum içeriklerini maruz bırakıldıkları Cd dozlarıyla orantılı olarak yükseldiğini ve Cd konsantrasyonunun tütün bitkisinin gövdesi

hariç diğer bitkilerde gövdeye kıyasla köklerde daha yüksek tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Shao ve ark. (2011), Kurşun (Pb), arsenik (As) ve kadmiyumun (Cd), buğdayda çimlenme dönemindeki toksik etkilerini ortaya koymak için sürdürdükleri çalışmada, arseniğin düşük dozlarında (1 mg/L) buğday fidelerinin sürgün ve köklerin uzunlukları ve kuru biokütlesi üzerinde artışa neden olduğunu, fakat daha yüksek dozlarda (5-25 mg/L) düzenli bir düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer etki kurşun içinde ortaya konmuştur. Kadmiyum (Cd) ise düşük dozlardan itibaren kök ve sürgün kuru ağırlıklarında sürekli bir düşüşe neden olmuştur.

Yıldız ve ark. (2011), Arpanın erken fide evresinde krom stresine karşı toleransını belirlemek üzere yürüttükleri çalışmada türkiyede ekimi yapılan sekiz farklı arpa genotipi ve farklı dozlarda Krom (Cr) metali kullanmışlardır. Araştırma sonucunda uygulanan krom (Cr) dozlarının artışına paralel olarak denemede kullanılan tüm arpa çeşitlerinde kök ve sürgün uzunlukları ile fide yaş ve kuru ağırlıklarının önemli düzeyde azaldığını belirlemişlerdir.

Kalınbacak ve ark. (2012), Sera koşullarında yürüttükleri çalışmada buğday bitkisine farklı dozlarda (0, 5, 15, 30 ve 45 mg kg<sup>-1</sup>) kadmiyum uygulaması yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre topraktan uygulanan kadmiyum buğday bitkisinde toksik etkiye neden olmuş ve uygulanan kadmiyum dozu arttıkça buğdayın kuru ağırlık değerleri düşmüştür. Ayrıca uygulanan doz arttıkça bitki verimi azalmış bitki bünyesinde biriken kadmiyum miktarı ise artmıştır.

Uysal (2012), ıspanakta sera şartlarında kadmiyum (0 ve 20 µM) ve potasyum (50, 250 ve 2000 µM) uygulamalarının etkisini gözlemlemiştir. Araştırmacı, kadmiyumun bitkide kök ve yaprakta kuru madde oluşumunu azalttığını, K uygulaması ise hem yeşil kısımlarda hem de kök kısımlarında Cd birikiminde azalmaya yol açtığını tespit etmiştir. Ayrıca Cd uygulaması altında K dozlarının artırılmasıyla hem askorbik asit hem de SH bileşiklerinin azalmasına sebep olduğu belirlenmiştir. Bunlara ek olarak Cd uygulamasının hem yaprak hem de köklerde lipid peroksidasyonu arttırdığı, K ise lipid peroksidasyonu üzerinde azaltıcı etkide bulunduğu saptanmıştır.

Susana ve Suswati (2013), Kadmiyum kirlenmesinin bir kaynağında fosfatlı gübreler olduğunu ve Kadmiyumun bitki bünyesinde yapraklarda, köklerde ve tanede birikebileceğini belirtmiştir. Ayrıca yürüttükleri çalışmada, çeşitli alanlardan elde ettikleri şeker mısırı örneklerinde kadmiyum analizleri yapmış, en çok kadmiyum birikiminin sırasıyla önce yapraklarda sonra sapta daha sonra tanede olduğunu tespit etmişlerdir. Tanede ortalama 0,037 mg/kg olduğunu bununda normal sınırların altında olduğunu bildirmişlerdir.

Güvercin (2014), Yürüttüğü çalışmada; kurşun, kadmiyum, çinko ağır metali ortamlarında çimlendirilen sorgum (*Sorghum bicolor* L.) bitkisinde ağır metallerin etkisini hafifletmek amacıyla giberellik asit ve kinetin bitki büyüme maddelerini denemeye almıştır. Deneme sonucunda kurşun, kadmiyum ve çinkonun çimlenmeyi geciktirdiği ve engellediği ortaya koyulmuştur. Ayrıca bitki büyüme maddeleri hem çimlenme hem de fide gelişmesi esnasında bu ağır metallerin kök uzaması üzerindeki baskısını hafifletmede etkili olamamışlardır. Pb, Zn ve Cd'un sürgün uzaması üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasında K+G başta olmak üzere uygulanan tüm bitki büyüme maddelerinin önemli derecede başarı sağladığı belirlenmiştir.

Muradoğlu ve ark. (2015), Camarosa çilek çeşidinde kadmiyumun olumsuz etkisini incelediği çalışmada dışarıdan uygulanan kadmiyumun hem kök, hem de yapraklardaki kadmiyum seviyesinde artışa yol açtığını, fakat kökteki kadmiyum konsantrasyonunun yapraklara göre daha yüksek seviyede olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, ayrıca Cd konsantrasyonundaki artışa paralel olarak kadmiyum uygulamalarının yaprak krolofil a ve b içeriğini azalttığını, kök ve yapraklardaki MDA (Malondialdehit) içeriğinde ise önemli artışlara sebep olduğunu saptamışlardır. Çalışmada kadmiyum dozlarındaki artış ile eş zamanlı olarak Süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) aktivitelerinde de artışlar belirlemişlerdir.

Shinwari ve ark. (2015), Krom (Cr) stresi altında yetiştirilen çeltiğin çimlenme ve fide özellikleri üzerine salisilik asit (SA) ön uygulamasının etkilerinin belirlenmesi üzere yaptıkları çalışmada, kromun çimlenme oranı, fide gücü, fide kuru ağırlığı gibi fizyolojik özelliklerde düşüşe neden olduğunu, ancak Salisilik Asit (SA) ile ön uygulamanın Krom (Cr) metaline karşı bir koruma sağladığını, ön uygulama olarak SA

uygulanan tohumlardan oluşan bitkilerin yapraklarındaki krom içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir.

Moulick ve ark. (2016), Arsenik stresi altında yetiştirilen çeltiğin çimlenme ve fide özellikleri üzerine selenyumun uyarıcı olarak uygulanma imkanlarının araştırıldığı çalışmada, arseniğin çimlenme ve fide özelliklerini olumsuz etkilediğini, 0.8 mg/L selenyum ile yapılan ön uygulamanın ise arseniğin olumsuz etkilerinin hafifletilebildiğini bildirmişlerdir.

Espanany ve ark. (2016), Kadmiyum stresi altındaki çörekotu tohumlarında  $KNO_3$  ön uygulaması ile kök uzunluğunda kontrole göre önemli artışlar olduğunu, ancak bitkinin fide gelişimi üzerine kadmiyumun olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasında salisilik asit ön muamelesinin daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum farklı bitkilerde farklı uyarıcıların farklı etkileri olduğunu ve ağır metallerin olumsuz etkilerini azaltmada farklı uyarıcılarla çalışmaların devam etmesi gerektiğini göstermiştir.

Erdem ve ark. (2016), Mısır ve Mecimek bitkisi üzerinde Kadmiyum ve Alüminyum metalinin etkilerini araştırmışlardır. Yürüttükleri çalışmada, uygulanan metaller karşısında mercimek bitkisinin mısıra kıyasla daha hassas olduğunu ve her iki metal uygulamasının da kontrole göre bitki yaş ağırlıklarında düşüşe sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Kumar ve ark. (2016), farklı civa dozlarında (0.0, 0.50, 0.75 1.00 mM) yetiştirilen buğday bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine destile su, Magnezyum Nitrat ( $Mg(NO_3)_2$ ) ve Kalsiyum Nitrat ( $Ca(NO_3)_2$ ) ön muamelelerinin etkisini belirlemek üzere yürüttükleri çalışmada, uyarıcı olarak Magnezyum Nitrat ve Kalsiyum Nitrat ön uygulamalarını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda denemede kullanılan ön uygulamalar ile civa (Hg) ağır metali stresi altındaki buğday bitkilerinin tüm çimlenme özelliklerinin olumlu yönde etkilendiğini belirlemişlerdir.

Nawaz ve ark. (2017), farklı dozlardaki kurşun etkisi altındaki mısır bitkisinde  $KNO_3$  ön uygulamasının fide gelişimi üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürüttükleri çalışmada tohumlara % 0 ve 0.5  $KNO_3$  ön uygulaması yapılmış ve yetiştirme ortamlarına ise 1300 ve 2550 mg/kg kurşun uygulaması yapmışlardır. Sonuç

olarak kurşun ağır metalinin fidelerin gelişimini önemli bir şekilde azalttığını ve sürgünlerdeki kurşun içeriğinin artırdığını belirlemişlerdir. Ayrıca KNO<sub>3</sub> uygulaması yapılan bitkilerde sürgünlere kıyasla köklerde katalaz, peroksidaz, süperoksit dismutaz ve askorbat peroksidaz aktivitesinin arttığı belirlenmiştir.

Yurdakul ve ark. (2017) Buğday verimi üzerine ağır metallerin toksik etkisini belirlemek amacı ile yürüttükleri çalışmada farklı dozlarda krom, kadmiyum ve kobalt ağır metallerini kullanmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda uygulanan ağır metallerden kromun denemenin ilk ve ikinci yılında buğday verimini önemli derecede azalttığını, kadmiyum ve kobalt uygulamalarının ise buğday veriminde farklılık oluşturacak düzeyde etkili olmadığını ortaya koymuşlardır.

Akar ve Atış (2018), Kırmızı yumak bitkisi üzerinde farklı derişimlerde kadmiyum (Cd) ve nikel (Ni) in çimlenme oranları ile fide gelişimi üzerine olumsuz etkilerini, ayrıca bazı primig uygulamalarının Cd ve Ni stresinde nasıl tepki gösterdiğini araştırdıkları çalışmada, ağır metal türüne bağlı olarak çimlenme oranlarının önemli farklılık gösterdiğini, iki ağır metalin de çimlenme üzerine olumsuz etkilerinin olduğunu ve Nikelin olumsuz etkisinin kadmiyuma göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bununla beraber ağır metallerin çimlenme üzerindeki olumsuz etkilerini gidermede priming uygulamalarının etkisinin yetersiz kaldığını, priming uygulamalarının kırmızı yumakta kök uzunluklarına olumlu etki etmediğini ve fide gelişiminin ise GA<sub>3</sub> ön uygulaması ile olumlu yönde etkilendiğini bildirmişlerdir.

Doğaroğlu (2018). Yürüttüğü çalışmada Marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisine kurşun, çinko ve kadmiyumun farklı dozlarını uygulamış bu metallerin tohum çimlenmesi, kök, gövde uzunlukları ve bitki biyokütlesi üzerinde nasıl etkiler oluşturacağını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda çinko ve kadmiyum tohum çimlenmesini azaltmış kurşun ise düşük dozlarda çimlenmeyi artırırken yüksek dozlarda çimlenmeyi baskılamıştır. Ayrıca denemede kullanılan üç metal de kök ve gövde gelişimini baskılayıcı etki gösterirken köklerdeki inhibisyonun gövdeye oranla daha fazla olduğunu belirlemiştir.

Erbaş Köse ve ark. (2019), Yürüttükleri çalışmada üç farklı yeşil mercimek genotipinde priming uygulaması olarak giberellik asit ve humik asitin farklı

derişimlerini kullanmışlardır. Çalışma sonucu olarak uygulanan bütün ön uygulamaların çimlenmeyi artırdığı ve giberellşik asit in sürgün uzunlukları, humik asit uygulamalarının ise kök uzunlukları üzerine olumlu etkilerinin olduğunu belirlemişlerdir.

Ergün ve Öncel (2019), buğday bitkisine kadmiyum, çinko ve kurşun ağır metalleri ve bu ağır metallere ek olarak ABA ve GA<sub>3</sub> bitki hormonlarını uygulamıştır. Denemede zamana bağlı olarak hormon ve ağır metallerin etkileşimleri değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda ağır metallerin uygulama dozuna ve zamanına paralel olarak bitki büyümesinin engellendiğini ve uygulanan metaller içerisinde en toksik etkiyi kadmiyumun gösterdiğini belirlemişlerdir.

Yılmaz ve Kökten (2019), Farklı dozlarda kadmiyum uygulamalarının tane sorgumda morfolojik özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacı ile yaptıkları çalışmada kadmiyum dozlarının artmasıyla beraber sorgum bitkisinde kontrole kıyasla bitki boyunun, bitki gövde çapının, bin tane ağırlığının, salkım uzunluğunun ve salkım oranının düzenli bir şekilde azaldığını belirlemişlerdir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu araştırma, Erzincan Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğünde laboratuvar koşullarında 2019 yılında yürütülmüştür. Araştırmada, bitki materyali olarak çeşitli tohumculuk kuruluşlarından temin edilen Osmancık-97, Halilbey ve Kızıltan olmak üzere 3 tescilli çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşidine ait tohumlar kullanılmıştır. Deneme, tesadüf parseller deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

##### 3.1.1. Araştırmada Kullanılan Çeltik Çeşitlerinin Genel Özellikleri

**Osmancık-97:** Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından ROCCA X EUROPA melezinden geliştirilen ve 1997 yılında tescil ettirilen bir çeltik çeşididir. Bitki boyu 95-100 cm' dir. Koyu yeşil renkte ve dik yaprakları vardır. Sap yapısı sağlam, yatmaya dayanıklıdır. Çeltik taneleri uzun sarı renklidir. Çeltik 1000 tane ağırlığı 33-34 gr' dır. 130-135 gün olgunlaşma süresi olan, yüksek verim potansiyeline sahip bir çeşittir. Farklı ekolojilere adaptasyon kabiliyeti oldukça iyi olan bir çeşittir. Kök boğaz çürüklüğü zararına karşı dayanıklıdır. Salkım boğum yanıklığı ve salkım yanıklığı hastalıklarına karşı tolerans kabiliyeti yüksek bir çeşittir. Pirinç randımanı % 60-65' dir. Tanesi uzun, camsı ve mat görünüştedir. Pirinç 1000 tane ağırlığı 24-25 gr' dır.

**Halilbey:** Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı, Trakya Tarımsal Araştırma enstitüsü tarafından VENERIA X İPSALA melezinden geliştirilen ve 2004 yılında tescil ettirilen bir çeltik çeşididir. 95-100 cm' bitki boyuna sahiptir. Yaprakları koyu yeşil ve geniştir. Çeltik taneleri uzun ve sarı renklidir. Çeltik 1000 tane ağırlığı 33-34 gr' dır. Olgunlaşma süresi 130-135 gündür. Yüksek verim potansiyeline sahiptir. Osmancık-97' çeşidine kıyasla daha yüksek verim vermektedir. Kök boğaz çürüklüğü hastalığına karşı dayanıklı, yanıklık hastalığına karşı ise hassastır. Pirinç randımanı %60-65'dir. Tanesi camsı, uzun ve mat görünüştedir. Pirinç 1000 tane ağırlığı 25-26 gr' dır. Pilavlık kalitesi iyi olan bir çeşittir.

**Kızıltan:** Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından VENERIA X THAINATO Melezinden geliştirilen ve 2007 yılında tescil ettirilen bir çeltik çeşididir. 75-85 cm bitki boyuna sahiptir. Yatmaya dayanıklı ve sağlam saplıdır. Çeltik taneleri uzun ve sarı renklidir. Çeltik 1000 tane ağırlığı 32 g' dır. Olgunlaşma süresi 130-135 gündür. Yüksek verim potansiyeline sahiptir. Dekara 750-900 kg verim vermektedir. Yanıklık hastalığına hassas, kök boğaz çürüklüğü zararına karşı ise dayanıklı bir çeşittir. Pirinç randımanı %60 civarındadır. Tanesi mat ve uzun görünüştedir. Pirinç bin tane ağırlığı 24-25 g' dır.

### 3.1.2. Denemede Kullanılan Tohumların % Nem ve Bin Tane Ağırlıkları

#### 3.1.2.1. Bin Tane Ağırlıkları (g)

Denemede kullanılan çeşitlere ait tohumların belirlenen 1000 tane ağırlıklarına ilişkin tüm tekerrürleri ve ortalama değerleri Çizelge 4.49 ' da verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Tüm çeşitlere ait tohum bin tane ağırlıkları değerleri

Çeşit	1.Tekerür	2.Tekerür	3.Tekerür	4.Tekerür	Ortalama
<b>Osmancık-97</b>	31,6144	31,6099	31,6104	31,6138	31,6121
<b>Halilbey</b>	31,1977	31,2006	31,1984	31,1979	31,1987
<b>Kızıltan</b>	30,7440	30,7436	30,7477	30,7452	30,7451

#### 3.1.2.2. Tohum Nem Oranları (%)

Denemede kullanılan çeşitlere ait tohumların belirlenen % nem oranlarına ilişkin tüm tekerrürleri ve ortalama değerleri Çizelge 4.50' de verilmiştir.



Çizelge 3. 2. Tüm çeşitlere ait tohum % nem oranları değerleri

Çeşit	1.Tekerür	2.Tekerür	3.Tekerür	4.Tekerür	Ortalama
<b>Osmancık-97</b>	7,0007	6,9948	6,9978	6,9981	6,9979
<b>Halilbey</b>	7,2133	6,9980	7,1887	7,2083	7,1521
<b>Kızıltan</b>	6,7736	6,7087	6,8385	6,6882	6,7523

### 3.2. Yöntem

Araştırmada, Kadmiyum (Cd)' un (50, 100, 200, 400 mg/L), farklı konsantrasyonları ile distile su kontrol uygulaması denemeye alınmıştır. Bununla beraber ağır metal stresi altında uyarıcı uygulamalarının çimlenme, fide gelişimi ve bitki bünyesinde biriken ağır metal miktarı üzerine etkisini tespit etmek amacıyla %2' lik KNO<sub>3</sub> (Potasyum Nitrat), 100 mg/L SA ( Salisilik asit) ve Hidropriming ön uygulamaları denemeye alınmıştır. Ön uygulama solüsyonlarının hazırlanmasında Merck marka KNO<sub>3</sub> ve SA kullanılmıştır. %2 KNO<sub>3</sub> için, 20 g Potasyum nitrat tartılıp 1000 ml balon jöje de bir miktar saf suda çözündürülmüş ve hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. SA çözeltisi için ise 100 mg Salisilik asit tartılıp 500 µL Etil alkol ile eppendorf tüpünde vortekslenerek çözündürülmüş ve bu çözelti 1000 ml balon jöjeye aktarılarak hacim çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır.

Denemede kadmiyum kaynağı olarak Merck marka Kadmiyumsülfat-Hidrat (3CdSO<sub>4</sub>.8H<sub>2</sub>O) kullanılmıştır. Kadmiyum solüsyonları; uygun miktarda (50, 100, 200, 400 mg 105 °C' de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuş) Kadmiyumsülfat-Hidrat (3CdSO<sub>4</sub>.8H<sub>2</sub>O)' tan alınıp 1000 ml hacimli balon jöje' de bir miktar ultra safsu ile çözündürülerek hacmin 1000 ml ye tamamlanması sureti ile hazırlanmıştır. Hazırlanan kadmiyum solüsyonlarının denemede kullanılmak üzere beyan edilen dozlara uygunluğunu teyit etmek amacıyla ise geri kazanım çalışmaları ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi) kullanılarak yapılmış ve % 98 geri kazanım ile kullanılacak kadmiyum solüsyonlarının beyan edilen değere uygunluğu teyit edilmiştir. Uyarıcı uygulaması, tohumlar ekilmeden önce yüzey sterilizasyonu yapmak amacı ile % 1'lik sodium hypochloride (NaClO) ile 10 dakika muamele edilen

çeltik çeşitlerine ait tohumların belirtilen dozlarda hazırlanan  $KNO_3$  ve SA çözeltilerinde 2 gün (48 saat) süreyle  $25\pm 1^\circ C$ ' de bekletilmesi şeklinde uygulanmıştır. Ayrıca uyarıcı uygulaması yapılmayan bir grup kontrol amacıyla sterilizasyon sonrası 48 saat uyarıcı uygulamaları ile aynı koşullarda saf suda ( $H_2O$ ) bekletildikten sonra ekimi yapılmak üzere hazırlanmıştır. (priming uygulamasında kullanılacak kavanozlar, enfeksiyon riskini en aza indirmek için çalışmadan 24 saat önce  $121^\circ C$ ' da 15 psi basınçta sterilizasyona tabi tutulmuştur).



Şekil 3. 1. Priming uygulamalarından bir kesit.

Gerekli ön muameleler uygulanan tüm çeltik çeşitlerine ait tohumlar, ISTA (1993) kurallarına uygun olarak 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 50 adet tohum olacak şekilde kâğıt arası yöntemiyle çimlenme testine tabi tutulmuştur. Kâğıt arası yönteminde, 20x40 ebatında altta 2, üstte 1 adet filtre kâğıdı olacak şekilde 3 adet filtre kâğıdı kullanılmıştır. Her tekerrür için belirli dozlarda hazırlanmış olan ağır metal solüsyonundan 36 ml kullanılarak filtre kâğıtları nemlendirilmiştir. Nemlendirme işlemi sonunda üst- alt, sağ ve sol kısımlarından belirli boşluk bırakmak kaydıyla tohumluklar kâğıda dizildikten sonra kâğıtlar rulo haline getirilmiştir. Hazırlanan rulo şeklindeki numuneler su kaybını önlemek amacıyla kilitli poşetlere yerleştirilmiştir. Bu işlem her ağır metalin, her derişimi için ve her ön uygulama tipi için 4' tekerrür olacak şekilde tekrarlanmıştır. Kullanılan tohum çeşidi, yapılan ön uygulama ve sulamada kullanılan solüsyonun metal dozajı gibi bilgileri içeren etiketleme işlemi hassasiyetle yapılmıştır. Bu hazırlıklar tamamlandıktan sonra poşetlenmiş rulolar  $25\pm 1^\circ C$ ' ye ayarlanmış olan inkübatöre yerleştirilmiştir. (Enfeksiyon riskini en aza indirmek için tohum dizme ve

paketlenme işlemleri dâhil tüm sayım günlerinde işlemlerin yürütüleceği dezgahlar çalışma işleminin 30 dk öncesinde % 70 etil alkol ile muamele edilmiştir.)



Şekil 3. 2. Tohum dizme, paketlenme ve iklim dolabına yerleştirme aşamalarından bir kesit.

Dördüncü çimlenmenin görülmeye başladığı günden itibaren başlamak sureti ile yedinci (7.) günün sonuna kadar hergün çimlenen tohumlar sayılarak çimlenme oranı, çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi gibi özellikleri hesaplanmıştır. 14. Gün sonunda ise elde edilen fideler üzerinde her tekerrürden tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, sürgün yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı değerlendirilmiştir. Bu değerlerle ilişkili olarak ‘‘tolerans indeksleri’’ de hesaplanmıştır.



Şekil 3. 3. Çimlenme testleri ve elde edilen çeltik fidelerinin farklı günlerinden bir kesit.

Çalışmanın devamı olarak kök ve sürgün bitki kısımları Anton Paar mikrodalga fırını ve %65 Suprapur Nitrik Asit ( $\text{HNO}_3$ ) kullanılarak çözündürme işlemine tabi tutulmuştur. Çözündürme işlemi sonrası gözenek çapı  $0,45\mu\text{m}$  olan milipor enjektör filtre sistemi yardımı ile filtre edilen örnekler dilüsyon faktörleri hesaplanarak etiketlenmiş okuma tüplerine aktarılmıştır.

Fidelerdeki kadmiyum ağır metali birikim miktarları, kök ve sürgün kısımlarında ayrı ayrı kalibrasyon ve kontrol uygulamaları yapılmış olan ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi) kullanılarak tespit edilmiştir.

### 3.3. Araştırmada İncelenen Özellikler

#### 3.3.1. Tohum Bin Tane Ağırlığı (g):

Yığından tesadüfi olarak alınan örnek parsellerinden dört (4) tekerrur olarak 1000 adet tohum sayılıp 0,001 g hassasiyetli hassas terazide tartılarak gram cinsinden kaydedilen tekerrur ağırlıklarının ortalaması alınmak sureti ile belirlenmiştir.

#### 3.3.2. Tohum Rutubet Oranı (%):

Yığından tesadüfi olarak alınan örnek parsellerinden dört (4) tekerrur olarak sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış petri kapları içerisine 5 g tohum numunesi tartılarak 130 ±2 °C etüvde 2 saat bekletilip ve desikatörde soğutup tekrar tartılmak sureti ile aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$m_1 - m_0$$

$$\text{Kuru madde \%} = \frac{\text{---}}{M} \times 100$$

$$\text{Rutubet \%} = 100 - \text{Kuru Madde \%}$$

Burada ;

$m_0$  = Kurutma kabı ağırlığı, g

$m$  = Numune ağırlığı, g

$m_1$  = Kurutma kabı ve kurutmadan sonraki numune ağırlığı, g

### 3.3.3. Çimlenme oranı (%):

Yedinci (7.) gün sonunda çimlenen tohumlar sayılmış, (çimlenen tohum sayısı/toplam tohum sayısı) x 100 formülü ile çimlenme oranı % olarak hesaplanmıştır (Akıncı ve Çalışkan, 2010).

### 3.3.4. Çimlenme İndeksi:

Her gün çimlenen tohumlar sayılarak, sayım günlerine bölünmesi ile aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (Wang ve ark. 2004).

$$GI = \sum(G_i/T_t)$$

GI; Çimlenme İndeksi, G<sub>i</sub>; Günde çimlenen tohum sayısı, T<sub>t</sub>; Sayım günü

### 3.3.5. Ortalama Çimlenme Süresi (gün):

Aşağıdaki formüle göre çimlenen tohum sayısı ile çimlenme gün sayısı çarpımları toplamının toplam çimlenen tohum sayısına bölünmesi ile elde edilen değer ortalama çimlenme süresi olarak hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts, 1980).

$$MGT = \sum(fx) / \sum f$$

MGT: Ortalama çimlenme süresi; f: Çimlenen tohum sayısı; x: Çimlenme günü

### 3.3.6. Tolerans İndeksi:

Fidelerin toplam yaş ağırlıkları kullanılarak aşağıdaki formüle göre ‘‘tolerans indeksi’’ (Çarpıcı ve ark., 2009; Aslan ve Atış 2018) hesaplanmıştır.

$$\text{Tolerans İndeksi} = (T_x \cdot T_{YA} / T_0 \cdot T_{YA}) \times 100$$

Burada, toplam yaş ağırlık, T<sub>x</sub>= X dozundaki toplam yaş ağırlık T<sub>0</sub>= Kontrol uygulamasındaki toplam yaş ağırlığı ifade etmektedir.

### **3.3.7. Kök uzunluğu (mm):**

Deneme sonunda her tekerrürden tesadüf olarak seçilen 10 adet bitkide kök uzunluğu ‘mm’ cinsinden dijital kumpas ile ölçülmüştür.

### **3.3.8. Sürgün uzunluğu (mm):**

Deneme sonunda her tekerrürden tesadüf olarak seçilen 10 adet bitkide sürgün uzunluğu ‘mm’ cinsinden dijital kumpas ile ölçülmüştür.

### **3.3.9. Sürgün Yağ Ağırlığı (mg):**

Deneme sonunda, rastgele seçilen 10 adet bitkide sürgün yağ ağırlıkları 0.001 g hassasiyetle hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.

### **3.3.10. Kök Yağ Ağırlığı (mg):**

Deneme sonunda, her tekerrürden rastgele seçilen 10 adet bitkide kök yağ ağırlıkları 0.001 g hassasiyetle hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.

### **3.3.11. Sürgün Kuru Ağırlığı (mg /10 bitki):**

Deneme sonunda, her tekerrürden rastgele seçilen ve yağ ağırlıkları bilinen 10 adet bitkinin sürgün kısımları 70 ±2 0C sıcaklıkta etüvde sabit tartıma gelinceye kadar kurutulup kök yağ ağırlıkları 0.001 g hassasiyetle hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.

### **3.3.12. Kök Kuru Ağırlığı (mg /10 bitki):**

Deneme sonunda, her tekerrürden rastgele seçilen ve yağ ağırlıkları bilinen 10 adet bitkinin kök kısımları 70 ±2 0C sıcaklıkta etüvde sabit tartıma gelinceye kadar

kurutulup kök yaş ağırlıkları 0.001 g hassasiyetle hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.



Şekil 3. 4. Denemede kullanılan hassas terazi ve dijital kumpas

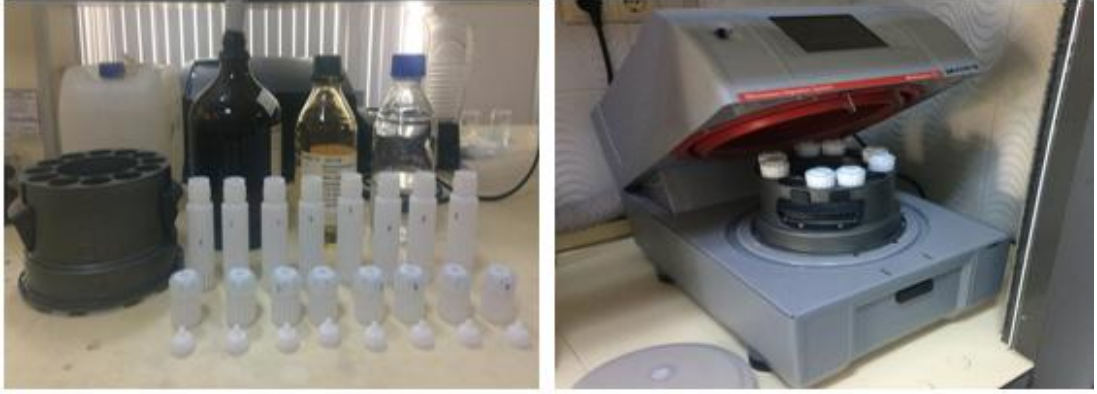
### **3.3.13. Sürgün Ağır Metal (Cd) İçeriği (ppm):**

Hasat edilen bitkilerin fide kısımları wessel ve mikrodalga çözündürme seti kullanılmak suretiyle metoduna uygun ekstraksiyon (çözündürme) işlemine tabi tutulduktan sonra ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi) kullanılarak ağır metal (Cd) içerikleri belirlenmiştir.

### **3.3.14. Kök Ağır Metal (Cd) İçeriği (ppm):**

Hasat edilen bitkilerin kök kısımları wessel ve mikrodalga çözündürme seti kullanılmak suretiyle metoduna uygun ekstraksiyon (çözündürme) işlemine tabi tutulduktan sonra ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi) kullanılarak ağır metal (Cd) içerikleri belirlenmiştir.





Şekil 3. 5. Denemede kullanılan wessel ve mikrodalga çözündürme seti



Şekil 3. 6. Denemede kullanılan ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi)

### 3.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma sonunda elde edilen veriler MSTAT\_C İstatistik paket programı kullanmak sureti ile tesadüf parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur, LSD testi uygulanarak ortalamaların karşılaştırılması yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Çimlenme oranı (%)

Ön muamele uygulanan çeltik çeşitlerinde, kadmiyumun çimlenme oranı etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, çimlenme oranları etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler Ort.	F değeri
Çeşit(Faktör A)	2	23075.29	2390.76**
Priming Uyg.(Faktör B)	2	57621.09	5969.95**
Çeşit x Priming uyg.(AB)	4	210.26	21.78**
Kadmiyum dozu(Faktör C)	4	4628.31	479.53**
Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)	8	285.18	29.55**
Priming uyg. x Cd. dozu(BC)	8	403.73	41.82**
Çeşit x P. Uyg x Cd. Dozu(ABC)	16	641.769	66.49**
Hata	135	9.65	
Genel	179		
CV		6.16	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, çeşitler, ön muamele uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksiyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş, ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2’ de görüldüğü gibi, çeltik çeşitlerinin ortalama çimlenme değerlerinde önemli farklılar tespit edilmiştir. En yüksek çimlenme oranı Kızıltan çeltik çeşidinde (%72.43), en düşük çimlenme oranı ise Halilbey çeltik çeşidinde (% 34.83) belirlenmiştir.

Ön muamele uygulama sonucunda en yüksek çimlenme oranı hidropriming (%69.73) uygulamasında gözlemlenirken en düşük çimlenme oranı Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>) (%14.66) ön uygulamasında belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan çeşitler için en uygun ön muamelenin hidropriming olduğu sonucuna varılmıştır. Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>)’ ın ise kullandığımız tüm çeltik çeşitleri (Osmancık-97, Halilbey, Kızıltan) için

olumsuz etkisi belirlenmiş, bunun derişim ve uygulama süresi ile ilişkili olduğu düşünölmektedir.

Kadmiyum uygulamalarında belirlenen çimlenme oranlarında da önemli farklılar görölmüştür. Düşük dozda (50 mg/L) uygulanan kadmiyum ağır metalinin, çimlenme oranlarını artırdığı tespit edilirken, düşük doz (50 mg/L) kadmiyum uygulaması haricinde artırılan dozların (100, 200, 400 mg/L) tamamında çimlenme oranlarında doğrusal bir düşüş saptanmıştır. Bu denemede kullanılan çeltik çeşitleri için, kadmiyum ağır metalinin 50 mg/L den sonraki artan dozlarının (100, 200, 400 mg/L) çimlenme oranlarını olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4. 2. Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının çimlenme oranlarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort.</b>	<b>Çeşit Ort.</b>
<b>Osmancık -97</b>	0	72.50 - <b>h-j</b>	0.00 - <b>v</b>	76.50 - <b>f-u</b>	49.67 - <b>a</b>	43.97 <b>B</b>
	50	77.50 - <b>e-g</b>	4.50 - <b>u</b>	80.50 - <b>e-f</b>	54.17 - <b>d</b>	
	100	70.00 - <b>ı-k</b>	3.50 - <b>uv</b>	67.50 - <b>kl</b>	47.00 - <b>f-g</b>	
	200	71.00 - <b>t</b>	19.0 - <b>t</b>	56.00 - <b>mn</b>	48.67 - <b>ef</b>	
	400	17.00 - <b>v</b>	4.50 - <b>u</b>	39.50 - <b>p-q</b>	20.33 - <b>j</b>	
<b>Halilbey</b>	0	69.00 - <b>j-l</b>	1.50 - <b>uv</b>	65.50 - <b>l</b>	45.33 - <b>g</b>	34.83 <b>C</b>
	50	73.50 - <b>g-ı</b>	2.00 - <b>uv</b>	73.00 - <b>h-j</b>	48.83 - <b>ef</b>	
	100	53.50 - <b>n</b>	1.50 - <b>uv</b>	42.50 - <b>op</b>	32.50 - <b>h</b>	
	200	46.50 - <b>o</b>	1.00 - <b>uv</b>	31.50 - <b>r</b>	26.33 - <b>ı</b>	
	400	37.00 - <b>q</b>	2.00 - <b>uv</b>	24.50 - <b>s</b>	21.16 - <b>j</b>	
<b>Kızıltan</b>	0	94.50 - <b>ab</b>	43.0 - <b>op</b>	91.00 - <b>bc</b>	76.16 - <b>b</b>	72.43 <b>A</b>
	50	96.50 - <b>a</b>	59.0 - <b>m</b>	96.50 - <b>a</b>	84.00 - <b>a</b>	
	100	89.50 - <b>c</b>	45.0 - <b>o</b>	85.00 - <b>d</b>	73.17 - <b>c</b>	
	200	96.50 - <b>a</b>	31.5 - <b>r</b>	92.00 - <b>bc</b>	73.33 - <b>c</b>	
	400	81.50 - <b>de</b>	4.00 - <b>uv</b>	81.00 - <b>de</b>	55.50 - <b>d</b>	
<b>Priming ort.</b>		69.73 <b>A</b>	14.66 <b>C</b>	66.83 <b>B</b>		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	57.06 <b>B</b>	62.33 <b>A</b>	50.89 <b>C</b>	49.44 <b>C</b>	32.33 <b>D</b>	
<b>LSD</b>	<b>Çeşit Lsd: 1.122</b>		<b>Priming Lsd: 1.122</b>		<b>Doz Lsd: 1.448</b>	
	<b>Çeşit x Doz Lsd: 2.50</b>		<b>Çeşit x Priming x Doz Lsd: 4.345</b>			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistikse olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çeşit x Kadmiyum dozu interaksyonunda kadmiyumun tüm dozlarında en yüksek çimlenme oranı Kızıltan çeşidinde, en düşük çimlenme oranı ise Halilbey

çeşidinde tespit edilmiştir. Denemede kullanılan çeşitlerin, en yüksek uygulama dozu olan 400 mg/L kadmiyum stresi altındaki çimlenme değerleri karşılaştırıldığında, Osmancık-97, Halilbey, Kızıltan çeşitlerinin çimlenme oranları sırası ile 20.33, 21.16, 55.50 şeklindedir. Bu durum dikkate alındığında Kızıltan çeşidinin, diğer çeşitlere göre kadmiyum stresinde çimlenme gücünün daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca Peralta ve ark., 2001; Muhammad ve ark., 2008; Kabir ve ark.,2008; Houshmandfar ve Moragebi, 2011; Smiri, 2011; kadmiyumun bitkilerin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkilerini ortaya koymak için farklı bitki türleri ile yürüttükleri çalışmalarda bitkilerin artan kadmiyum dozlarından olumsuz etkilendiğini fakat türlerin kadmiyuma karşı tolerans eşiklerinin çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çeşit x Ön uygulama x Kadmiyum dozu interaksiyonunda, önemli farklılıklar görülmüştür. Kızıltan çeşidinin hidropriming uygulaması tüm kadmiyum dozlarında diğer çeşitlere kıyasla en fazla çimlenme oranını sergilemiştir. En düşük çimlenme oranına ise Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>) ön uygulaması ve tüm kadmiyum dozlarında Halilbey çeşidi sahiptir. Çeşit, ön uygulama ve kadmiyum dozu interaksiyonunda en yüksek ortalama çimlenme oranını % 96.50 ile Kızıltan çeşidi 50 mg/L kadmiyum dozu altında hidropriming ve salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlar göstermiştir. Bütün çeşitlerin tüm ön uygulamalarında ve 50 mg/L metal dozunda kontrole göre çimlenme oranlarının arttığı görülmektedir. Bu durumla ilişkili olarak çalışmada kullanılan çeşitlerin, yetiştirme ortamlarında bulunan düşük miktarlardaki (50 mg/L) kadmiyumun çimlenme oranını artırdığı ortaya konulmuştur.

Çizelge 4. 3. Çeltikte, çeşit x priming interaksiyonunda belirlenen çimlenme oranları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	61.60 - <b>d</b>	6.30 - <b>h</b>	64.00 - <b>c</b>
<b>Halilbey</b>	55.90 - <b>e</b>	1.20 - <b>i</b>	47.40 - <b>f</b>
<b>Kızıltan</b>	91.70 - <b>a</b>	36.50 - <b>g</b>	89.10 - <b>b</b>
<b>LSD</b>		1.943	

Çizelge 4.3. de görüldüğü gibi, çeşit x priming uygulaması interaksiyonunda en yüksek çimlenme oranı Kızıltan çeltik çeşidinde hidropriming uygulamasında (%91.7) belirlenirken, en düşük çimlenme oranı değeri ise Halilbey KNO<sub>3</sub> ön muamelesinde (%1.2) belirlenmiştir. Denemede kullanılan Osmancık çeltik çeşidi için;

Salisilik Asit, Halilibey ve Kızıltan çeltik çeşitleri için ise Hydropriming ön uygulamasının çimlenme oranlarını artırdığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 4. Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen çimlenme oranları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	78.67 - <b>b</b>	82.50 - <b>a</b>	71.00 - <b>c</b>	71.33 - <b>c</b>	45.16 - <b>g</b>
<b>KNO<sub>3</sub></b>	14.83 - <b>i</b>	21.16 - <b>i</b>	16.67 - <b>i</b>	17.16 - <b>i</b>	3.50 - <b>j</b>
<b>SA</b>	77.66 - <b>b</b>	83.33 - <b>a</b>	65.00 - <b>d</b>	59.83 - <b>e</b>	48.33 - <b>f</b>
<b>LSD</b>	2.50				

Ön uygulama x Kadmiyum doz interaksyonunda en yüksek çimlenme oranı salisilik asit ön uygulaması ve 50 mg/L kadmiyum dozunda (%83.33) tespit edilirken, en düşük çimlenme oranını ise Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>) ön uygulaması ve 400 mg/L kadmiyum dozunda (%3.5) tespit edilmiştir.

#### 4.2. Çimlenme İndeksi

Ön muamele uygulanan çeltik çeşitlerinde, kadmiyumun çimlenme indeksi üzerindeki etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5' de verilmiştir

Çizelge 4. 5. Farklı çeltik çeşitlerinde, priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, çimlenme indeksi etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

<b>Varyasyon kaynakları</b>	<b>Serbestlik derecesi</b>	<b>Kareler Ort</b>	<b>F değeri</b>
<b>Çeşit(Faktör A)</b>	2	497.92	1662.52**
<b>Priming Uyg.(Faktör B)</b>	2	1239.62	4138.96**
<b>Çeşit x Priming uyg.(AB)</b>	4	15.97	53.31**
<b>Kadmiyumdozu(Faktör C)</b>	4	76.92	256.82**
<b>Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)</b>	8	11.25	37.55**
<b>Priming uyg. x Cd.dozu(BC)</b>	8	11.14	37.19**
<b>Çeşit x P. Uyg x Cd. Dozu(ABC)</b>	16	10.72	35.80**
<b>Hata</b>	135	0.299	
<b>Genel</b>	179		
<b>CV</b>		8.02	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Çizelge 4.5’ de görüldüğü gibi, çeşitler, ön muamele uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş ve ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.6’de verilmiştir.

Çizelge 4. 6. Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının çimlenme indeksine etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort</b>	<b>Çeşit Ort.</b>
<b>Osmancık-97</b>	0	6.97 - n	0.00 - u	9.94 - ij	5.63 - g	5.85 B
	50	10.10 - ı	0.36 - u	11.49 - gh	7.32 - f	
	100	10.96 - h	0.37 - u	9.61 - ij	6.98 - f	
	200	11.06 - h	1.80 - t	7.91 - l	6.91 - f	
	400	1.87 - t	0.44 - u	4.84 - op	2.38 - k	
<b>Halilbey</b>	0	9.23 - jk	0.13 - u	7.44 - ln	5.60 - g	4.55 C
	50	8.80 - k	0.00 - u	8.69 - k	5.83 - g	
	100	7.75 - km	0.16 - u	5.34 - o	4.42 - h	
	200	7.09 - mn	0.10 - u	4.57 - p	3.92 - ı	
	400	5.34 - o	0.21 - u	3.53 - q	3.02 - j	
<b>Kızıltan</b>	0	13.44 - e	4.12 - f	12.81 - ef	10.12 - c	10.07 A
	50	15.28 - a	6.77 - b	15.01 - ab	12.35 - a	
	100	12.69 - e	5.03 - c	9.35 - ik	9.02 - d	
	200	14.38 - c	3.88 - gh	14.14 - cd	10.80 - b	
	400	11.58 - f	0.47 - q-s	12.06 - ef	8.03 - c	
<b>Priming Ort.</b>		9.77 A	1.59 C	9.12 B		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	7.12 B	8,50 A	6.80 C	5.81 B	4.48 D	
<b>LSD</b>	Çeşit Lsd: 0.197		Priming Lsd: 0.197		Doz Lsd: 0.255	
	Çeşit x Doz Lsd: 0.441		Çeşit x Priming x Doz Lsd: 0,764			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Denemede kullanılan çeltik çeşitlerinde farklı priming uygulamalarının kadmiyum ağır metali dozlarında (0, 50, 100, 200, 400 mg/L) belirlenen çimlenme indeksi değerlerinde önemli farklılıklar görülmüştür. En yüksek çimlenme indeksi (10.07) ile Kızıltan çeşidinde tespit edilmiştir. En düşük çimlenme indeksi değerini ise (4.55) ile Halilbey çeşidi göstermiştir (Çizelge 4.6). Espanany ve ark (2016) çalışmalarımızla uyumlu olarak farklı priming uygulamalarının ağır metal varlığında etkilerinin farklılık gösterdiğini ve özellikle uyarıcı uygulamaların ağır metal stresini

önlemedeki etkilerinin yüksek Kadmiyum ağır metali derişimlerinde daha büyük farklılıklar sergilediğini bildirmişlerdir.

Priming ortalamalarına göre en yüksek çimlenme indeksi değerini 9.77 ile hidropriming uygulaması verirken Salisilik Asit ön uygulaması ise 9.12 ortalama ile hidropriming uygulamasını takip etmektedir. Bu değerlere göre salisilik asit ön uygulaması ile hidropriming ön uygulamasının çimlenme indeksleri değerleri birbirlerine yakın olmakla beraber istatistik olarak farklı gruplarda yer almışlardır. En düşük değeri ise 1.59 ile (KNO<sub>3</sub>) uygulaması vermiştir. Elde edilen neticeler sonucunda tohum çimlenme indeksleri açısından, denemede kullanılan çeşitler için en uygun ön uygulamanın hidropriming olduğu sonucuna varılmıştır. Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>)' ın ise kullandığımız tüm çeltik çeşitleri (Osmancık-97, Halilbey, Kızıltan) için çimlenme indeksleri bakımından olumsuz etkisi belirlenmiş, bunun derişim ve uygulama süresi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6.' da gözlemlendiği üzere uygulanan Kadmiyum ağır metali dozlarının en düşük dozu olan 50 mg/L, kontrole ve diğer dozlara göre (8,50) ortalama ile çimlenme indeksi değerlerine olumlu yönde etki etmiştir. 50 mg/L dozundan sonraki dozların tamamında çimlenme indeksi değerlerinde kontrole göre sürekli bir düşüş izlenmiştir. Denemede çimlenme indeksi değerleri ortalamaları; 0, 50, 100, 200, 400 mg/L kadmiyum dozları için sırasıyla 7.12, 8.50, 6.80, 5.81, 4,48 olarak belirlemiştir. Kadmiyum dozlarının 100, 200 ve 400 mg/L ye çıkarılması ile çimlenme indeksi değerlerinde kontrole ve 50 mg/L metal dozuna göre önemli derecede düşüş gözlemlenmektedir. Sonuç olarak artan kadmiyum dozlarının kullanılan çeltik çeşitlerinde çimlenme indeksi değerleri üzerinde olumsuz etki gösterdiği belirlenmiştir.

Nitekim artan ağır metal derişimleri ile ilişkili olarak çimlenme indeksinde önemli miktarda azalmaların olduğu Akıncı ve Çalışkan (2010) ve Akıncı ve Akıncı (2011) tarafından da bildirilmiştir.

Çeşit x Kadmiyum dozu interaksiyonunda tüm çeşitler önemli farklılıklar sergilemiştir. Buna ek olarak çimlenme indeksi değerleri tüm çeşitlerde 50 mg/L dozunda kontrole göre daha olumlu değerler vermiştir. Kızıltan çeşidi diğer çeşitlere göre yükselen kadmiyum dozları karşısında daha olumlu tepki sergilemiştir. Dolayısı ile Kızıltan çeşidinin kadmiyum (Cd)' un yüksek dozlarında denemede kullanılan diğer



çeşitlere kıyasla daha dayanıklı bir tavır sergilediği ve kadmiyumun farklı dozlarında farklı çeşitlerin tepkisinin farklı olabileceği ortaya koyulmuştur.

Çeşit x Priming x Kadmiyum Dozu interaksyonu Çizelge 4.6 da görüldüğü gibi önemli farklılıklara neden olmuştur. 400 mg/L kadmiyum stresi altındaki tüm çeşitlerin priming uygulamaları etkinlikleri göz önüne alındığında, en iyi sonuçların Osmancık ve Kızıltan çeşitleri için salisilik asit ön uygulamasında, Halilbey çeşidi için ise hidropriming ön uygulamasında olduğu görülmektedir. 400 mg/L kadmiyum stresi altındaki Kızıltan çeşidinin Hydropriming (H<sub>2</sub>O), Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>) ve Salisilik Asit (SA) ön uygulamalarındaki çimlenme indeksi sonuçları sırasıyla 11.58, 0.47, 12.06, Osmancık-97 çeşidinin 1.87, 0.44, 4.84, Halilbey çeşidinin ise 5.34, 0,21 3,53' tür. Yüksek doz kadmiyum uygulaması sonucunda elde edilen bu değerler, denemede kullanılan farklı çeşitlerde, farklı ön uygulamaların çimlenme indeksleri bakımından önemli farklılıklara neden olabileceğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4. 7. Çeltikte çeşit x priming interaksyonunun çimlenme indeksine etkisine ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	8.19 - <b>d</b>	0.59 - <b>h</b>	8.76 - <b>c</b>
<b>Halilbey</b>	7.64 - <b>e</b>	0.12 - <b>i</b>	5.91 - <b>f</b>
<b>Kızıltan</b>	13.47 - <b>a</b>	4.05 - <b>g</b>	12.67 - <b>b</b>
<b>LSD</b>		0.197	

Çizelge 4.7. ye göre Çeşit x Priming interaksyonunda önemli farklılıklar görülmektedir. Osmancık-97 çeşidi en yüksek çimlenme indeksi değerini 8.76 ile Salisilik asit priming uygulamasında gösterirken, Halilbey ve Kızıltan çeşitleri ise sırasıyla 7.64, 13.47 ile hidropriming uygulamasında göstermiştir. Tüm çeşitler için en düşük çimlenme indeksi değerleri ise KNO<sub>3</sub> priming uygulaması yapılan tohumlarda gözlemlenmiştir. Potasyum nitrat (KNO<sub>3</sub>) ön uygulamasının ise denemede kullanılan tüm çeşitler (Osmancık-97, Halilbey, Kızıltan) için çimlenme indeksleri bakımından olumsuz etkisi belirlenmiş, bunun derişim ve uygulama süresi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. 8. Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksijonunda belirlenen çimlenme indeksi değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	9.88 - <b>d</b>	11.39 - <b>a</b>	10.84 - <b>b</b>	10.47 - <b>cb</b>	6.16 - <b>h</b>
<b>KNO<sub>3</sub></b>	1.42 - <b>l</b>	2.38 - <b>k</b>	1.86 - <b>jk</b>	1.93 - <b>ı</b>	0.37 - <b>j-l</b>
<b>SA</b>	10.06 - <b>cd</b>	11.73 - <b>a</b>	8.10 - <b>f</b>	8.87 - <b>e</b>	6.81 - <b>g</b>
<b>LSD</b>	0.441				

n uygulama x Kadmiyum dozu interaksijonunda priming uygulamalarının farklı metal dozlarında önemli farklılıklara neden olduğu gözlemlenmiştir. Tüm priming uygulamalarında 50 mg/L kadmiyum uygulamasında çimlenme indeksleri kontrole göre artış göstermiştir. 100 ve 200 mg/L kadmiyum uygulanan tohumlarda en yüksek çimlenme indeksi değerlerini Hidropriming uygulaması yapılan tohumlar verirken metal dozu 400 mg/L çıkarıldığında Salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumların çimlenme indeksi değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum yüksek dozdaki kadmiyum uygulamasında salisilik asit ön uygulamasının kadmiyumun zararlı etkisini azaltmada etkili olabileceğini ortaya koymuştur (Çizelge 4.8.)

Çalışmalarımızla uyumlu olarak, Espanany ve ark (2016) farklı priming uygulamalarının ağır metal varlığında etkilerinin farklılık gösterdiğini ve özellikle uyarıcı uygulamaların ağır metal stresini önlemedeki etkilerinin yüksek ağır metal derişimlerinde daha büyük farklılıklar sergilediğini bildirmişlerdir.

### **4.3. Ortalama Çimlenme Süresi (gün)**

Priming uygulanan çeltik çeşitlerinde, kadmiyumun ortalama çimlenme süreleri üzerinde etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9' de verilmiştir.

Çizelge 4.9' de grldğu gibi Priming ortalamaları hariç çeşitler, Priming uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksijonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş ve ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4. 9. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, çimlenme süreleri etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler Ort.	F değeri
<b>Çeşit(Faktör A)</b>	2	7.091	8.7553**
<b>Priming Uyg.(Faktör B)</b>	2	0.206	0.2538 ö.d
<b>Çeşit x Priming uyg.(AB)</b>	4	12.62	15.5604**
<b>Kadmiyum dozu(Faktör C)</b>	4	1.66	2.0514**
<b>Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)</b>	8	3.63	4.4812**
<b>Priming uyg. x Cd.dozu(BC)</b>	8	4.32	5.32**
<b>Çeşit x P. Uyg x Cd.Dozu(ABC)</b>	16	6.77	8.34**
<b>Hata</b>	135	0.81	
<b>Genel</b>	179		
<b>CV</b>		22.94	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli ö.d: önemli değil

Çizelge 4.10.' da görüldüğü gibi çeşitler, Priming uygulamaları ve Kadmiyum dozlarına bağlı olarak çimlenme süreleri önemli farklılıklar göstermiştir. Çeşit ortalamalarına göre 3.55 / gün ile en hızlı çimlenme süresini Halilbey çeşidi verirken, en yavaş çimlenme süresini ise 4,22 gün ile Osmancık-97 çeşidi vermiştir. Çimlenme sürelerinin çeşitler arasında farklılık göstermesi beklenen bir durumdur. Değişken ortam koşullarında çeşitlerin gösterdiği çimlenme özellikleri farklılık gösterebilir.

Çimlenme Süresine ilişkin Priming ortalamaları Hidropriming, Potasyum nitrat ve Salisilik asit için sırasıyla 3.88, 3.91, 3.99 / gün şeklindedir. Değerlerden de anlaşılacağı gibi denemede kullanılan çeltik çeşitleri için, Hidropriming (H<sub>2</sub>O), Salisilik asit (SA), ve Potasyum nitrat (KNO<sub>3</sub>) ön uygulamalarının Ortalama Çimlenme Süresi üzerinde oluşturduğu etki istatistik olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.10' da görüldüğü gibi Kadmiyum dozu ortalamaları çimlenme süreleri bakımından önemli farklılıklara neden olmuştur. Çeltik çeşitlerinde kontrol uygulamasına göre Kadmiyum uygulamasının tüm dozlarında ortalama çimlenme süresi parametresinin olumsuz yönde etkilendiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda artan kadmiyum dozlarına paralel olarak ortalama çimlenme sürelerinin de uzadığı tespit edilmiştir. Ayrıca elde etmiş olduğumuz sonuçlara göre araştırmada kullanılan çeltik çeşitlerinin kadmiyum ağır metali varlığında çimlenme sürelerinin uzadığı ortaya konulmuştur. Araştırmalarımızla uyumlu olarak, Akıncı ve Çalışkan (2010), farklı sebze

türleri üzerinde yürüttüğü çalışmalarda ağır metallerin bitkilerin çimlenmesini geciktirdiğini fakat bu etkinin metal türüne, metal dozuna ve bitki türüne bağlı olarak değişiklikler gösterebileceğini bildirmiştir.

Çizelge 4. 10. Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının çimlenme süresine etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort.</b>	<b>Çeşit Ort.</b>
<b>Osmancık -97</b>	0	5.54 - <b>ab</b>	0.00 - <b>n</b>	4.16 - <b>d-k</b>	3.23 - <b>e-f</b>	4.22 <b>A</b>
	50	4.23 - <b>c-k</b>	6.50 - <b>a</b>	4.00 - <b>d-l</b>	4.91 - <b>a</b>	
	100	3.34 - <b>i-m</b>	4.92 - <b>b-e</b>	3.67 - <b>e-m</b>	3.97 - <b>c-d</b>	
	200	3.32 - <b>j-m</b>	5.50 - <b>ab</b>	3.70 - <b>e-m</b>	4.17 - <b>b-d</b>	
	400	4.65 - <b>b-h</b>	5.50 - <b>ab</b>	4.32 - <b>b-k</b>	4.83 - <b>ab</b>	
<b>Halilbey</b>	0	4.09 - <b>d-k</b>	2.75 - <b>i-m</b>	4.89 - <b>b-f</b>	3.91 - <b>c-e</b>	3.55 <b>B</b>
	50	4.53 - <b>b-j</b>	0.00 - <b>n</b>	4.66 - <b>b-h</b>	3.06 - <b>f</b>	
	100	3.66 - <b>e-m</b>	3.50 - <b>h-m</b>	4.38 - <b>b-k</b>	3.85 - <b>c-e</b>	
	200	3.42 - <b>h-m</b>	2.50 - <b>m</b>	3.65 - <b>f-m</b>	3.19 - <b>ef</b>	
	400	3.71 - <b>e-m</b>	3.88 - <b>d-l</b>	3.63 - <b>g-m</b>	3.74 - <b>c-f</b>	
<b>Kızıltan</b>	0	3.65 - <b>f-m</b>	5.43 - <b>abc</b>	3.70 - <b>e-m</b>	4.26 - <b>a-d</b>	4.01 <b>A</b>
	50	3.22 - <b>k-m</b>	4.58 - <b>b-i</b>	3.31 - <b>j-m</b>	3.70 - <b>c-f</b>	
	100	3.68 - <b>e-m</b>	4.61 - <b>b-h</b>	4.98 - <b>b-d</b>	4.42 - <b>a-c</b>	
	200	3.45 - <b>h-m</b>	4.08 - <b>d-k</b>	3.33 - <b>i-m</b>	3.61 - <b>d-f</b>	
	400	3.71 - <b>e-m</b>	4.88 - <b>b-g</b>	3.50 - <b>h-m</b>	4.03 - <b>cd</b>	
<b>Priming Ort.</b>		3.88	3.91	3.99		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	0	50	100	200	400	
	3.80 <b>F</b>	3.89 <b>F</b>	3.96 <b>D</b>	4.08 <b>D</b>	4.20 <b>B</b>	
<b>LSD</b>	<b>Çeşit Lsd: 0.325</b>		<b>Priming Lsd: 0.325</b>		<b>Doz Lsd: 0.727</b>	
	<b>Çeşit x Doz Lsd: 0.727</b>			<b>Çeşit x Priming x Doz Lsd: 1.259</b>		

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çeşit x Kadmiyum dozu interaksiyonunda tüm çeşitler önemli farklılıklar sergilemiştir. 50 mg/L kadmiyum uygulaması altındaki tüm çeşitlere ait çimlenme süreleri değerlendirildiğinde Osmancık çeşidi haricinde tüm çeşitlerin çimlenme sürelerinin kontrole göre kısaldığı görülmektedir. Bu sonuçlar, düşük dozlarda (50 mg/l ) kadmiyum uygulamasının Halilbey ve Kızıltan çeşitleri için çimlenme hızını artırabileceği yönünde bilgiler vermektedir. Tüm çeşitlerin 400 mg/L kadmiyum dozundaki çimlenme süreleri dikkate alındığında Osmancık-97, Halilbey ve Kızıltan sırasıyla 4.83, 3.73, 4.03 / gündür. Bu sonuçlar denemede kullanılan çeşitlerden

Halilbey çeşidinin yüksek kadmiyum varlığında çimlenme süresi yönünden diğer çeşitlere göre daha olumlu sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.10)

Çizelge 4. 11. Çeltikte, Priming x Kadmiyum dozları interaksyonu ortalama çimlenme süresine ait değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	4.22 - <b>abc</b>	4.48 - <b>ab</b>	3.97 - <b>bcd</b>
<b>Halilbey</b>	3.88 - <b>cd</b>	4.53 - <b>e</b>	4.24 - <b>abc</b>
<b>Kızıltan</b>	3.54 - <b>d</b>	4.71 - <b>a</b>	3.76 - <b>cd</b>
<b>LSD</b>	0.563		

Araştırma sonuçları Çeşit x Priming uygulama interaksyonunda kullanılan çeltik çeşitlerinde ortalama çimlenme süreleri üzerine önemli farklılıklar göstermiştir. En iyi çimlenme süresi değerini Osmancık-97 çeşidi 3.97 / gün ile Salisilik Asit ön uygulamasında verirken, Halilbey çeşidi 3.88 / gün ve Kızıltan çeşidi 3.54 / gün ile Hidropriming ön uygulamasında vermiştir. Bu durum farklı çeşitlere göre farklı ön uygulamaların ortalama çimlenme süreleri üzerine etkinliğinin değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur (Çizelge 4.11.)

Çizelge 4. 12. Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen çimlenme süresi değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	4.02 - <b>b-e</b>	3.40 - <b>ef</b>	3.56 - <b>de</b>	3.99 - <b>b-e</b>	4.43 - <b>ab</b>
<b>KNO<sub>3</sub></b>	2.73 - <b>f</b>	3.69 - <b>c-e</b>	4.03 - <b>a-e</b>	4.34 - <b>a-c</b>	4.75 - <b>a</b>
<b>SA</b>	4.25 - <b>a-d</b>	3.56 - <b>de</b>	3.99 - <b>b-e</b>	4.04 - <b>a-c</b>	3.82 - <b>b-e</b>
<b>LSD</b>	0,727				

Çizelge 4.12. 'de görüldüğü üzere Priming x Kadmiyum dozları interaksyonu kullanılan çeltik çeşitlerinin ortalama çimlenme süreleri üzerinde önemli farklılıklar göstermiştir. Çeltikte, Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>) ön uygulaması hariç tüm ön uygulamalarda 50 mg/L kadmiyum dozunda çimlenme süreleri kontörle göre kısalmış, uygulanan metal dozunun artırılmasıyla tekrar çimlenme süresinin uzamasına yönelik bir hareket sergilediği gözlemlenmiştir.

Ayrıca araştırmada en yüksek doz olarak kullanılan 400 mg/L kadmiyum uygulaması yapılan tohumların ortalama çimlenme süreleri dikkate alındığında;

3.82/gün değeri ile en hızlı çimlenme süresi ortalamasını Salisilik Asit ön uygulaması yapılan tohumlar sergilerken, en geç çimlenme değerini ise 4.75/gün ile KNO<sub>3</sub> ön uygulamasına tabi tutulan tohumlar sergilemiştir. Bu sonuçlar, yüksek dozlardaki kadmiyum ağır metalinin Ortalama Çimlenme Süresi üzerine gösterdiği olumsuz etkinin, Salisilik Asit ön uygulaması ile azaltılabileceği ortaya konmuştur.

Çalışmalarımızla uyumlu olarak Espanany ve ark. (2016) farklı priming uygulamalarının ağır metal varlığında etkilerinin farklılık gösterdiğini ve özellikle uyarıcı uygulamaların ağır metal stresini önlemedeki etkilerinin yüksek ağır metal derişimlerinde daha büyük farklılıklar sergilediğini bildirmişlerdir.

#### 4.4. Tolerans İndeksi

Priming uygulanan çeltik çeşitlerinde, kadmiyumun tolerans indeksi üzerinde etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13' de verilmiştir

Çizelge 4.13'de görüldüğü gibi, çeşitler, Priming uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksiyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş ve ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.14' te verilmiştir.

Çizelge 4. 13. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, tolerans indeksine etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler Ort	F değeri
Çeşit(Faktör A)	2	8180.91	6726.66**
Priming Uyg.(Faktör B)	2	114403.69	94067.10**
Çeşit x Priming uyg.(AB)	4	20047.70	16483.99**
Kadmiyum dozu(Faktör C)	4	72413.61	59541.25**
Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)	8	1494.25	1228.64**
Priming uyg. x Cd..dozu(BC)	8	9779.14	8040.79**
Çeşit x P. Uyg x Cd. Dozu(ABC)	16	2200.01	1808.93**
Hata	135	1.22	
Genel	179		
CV		1.52	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Tolerans indekslerine ilişkin çeşit ortalamaları dikkate alındığında çeşitler arasında istatistik olarak önemli farklılıklar görülmüştür. Ortalamalar 80.84 ile 58.22 aralığında değişmektedir.

Denemede kullanılan çeşitler için Kadmiyum stresine toleransı açısından Halilbey çeşidi 80.84 tolerans indeksi değeri ile en iyi sonucu verirken, 58.22 değeri ile Osmancık-97 çeşidi ise en kötü sonucu vermiştir. Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz tolerans indeksi değerlerinden de anlaşılacağı gibi Kadmiyum stresine karşı gösterdikleri tolerans bakımından çeşitlerin önemli farklılıklar sergilediği tespit edilmiştir (Çizelge 4.14.).

Çizelge 4. 14. Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının tolerans indeksine etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort.</b>	<b>Çeşit Ort.</b>
<b>Osmancık -97</b>	0	100.00 - o	0.00 - v	100.00 - o	66.67 - ı	59.22 C
	50	163.54 - e	0.00 - v	120.51 - j	94.69 - e	
	100	147.20 - f	0.00 - v	107.75 - m	84.98 - g	
	200	78.83 - s	0.00 - v	70.45 - t	49.76 - j	
	400	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - k	
<b>Halilbey</b>	0	100.00 - o	0.00 - v	100.00 - o	66.67 - ı	80.84 A
	50	224.29 - a	0.00 - v	174.73 - c	133.01 - a	
	100	167.94 - d	0.00 - v	187.95 - b	118.63 - b	
	200	126.99 - ı	0.00 - v	130.76 - h	85.91 - f	
	400	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - k	
<b>Kızıltan</b>	0	100.00 - o	83.78 - r	69.88 - t	84.56 - g	77.67 B
	50	116.88 - k	102.00 - n	114.09 - l	110.99 - d	
	100	144.03 - g	87.47 - p	116.09 - k	115.86 - c	
	200	79.75 - o	65.61 - u	85.43 - q	76.93 - h	
	400	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - k	
<b>Priming Ort.</b>		103.30 A	22.59 C	91.84 B		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	72.63 C	112.89 A	106.4 B	70.87 D	0.00 E	
<b>LSD</b>	<b>Çeşit Lsd: 1.781</b>		<b>Priming Lsd: 1.781</b>		<b>Doz Lsd: 0.514</b>	
	<b>Çeşit x Doz Lsd: 0.890</b>		<b>Çeşit x Priming x Doz Lsd: 1.028</b>			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çeltik bitkisinde farklı priming uygulamalarında tolerans indeksleri yönünden önemli farklılıklar görülmektedir. Ön uygulamalara göre ortalamalar Hidropriming

103.30, KNO<sub>3</sub> 22.59, Salisilik asit 91.84 şeklindedir. Ortalamalardan da anlaşıldığı gibi çeltik bitkisi için Hidropriming ön uygulamasının denemede kullanılan diğer ön uygulamalara göre Kadmiyum (Cd) ağır metali stresine karşı toleransı artırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.14.).

Kadmiyum dozu ortalamaları dikkate alındığında uygulanan kadmiyum dozunun 100 mg/L den sonraki derişimleri (200, 400 mg/L) kontrole göre tolerans indekslerini önemli derecede olumsuz olarak etkilemiştir. 100 mg/L' nin üzerindeki metal dozu uygulamaları doz yükseldikçe bitki toleransını azaltmış, belirli bir seviyenin üzerine çıkarıldığında ise toleransı tamamen ortadan kaldırmıştır. Aynı durum Çeşit x Doz İnteraksiyonunda da görülmektedir. Denemede kullanılan tüm çeşitler için kadmiyum dozunun 200 mg/L ye çıkarılması tolerans indekslerini kontrole göre ciddi oranda düşürmüştür tüm çeşitler için uygulanan doz 400 mg/L ye çıkarıldığında ise tolerans yeteneklerinin tamamen yok olduğu ve bitki gelişiminin tamamen durduğu gözlemlenmiştir. (Çizelge 4.14.).

Çizelge 4. 15. Çeltikte, çeşit x Priming interaksiyonu tolerans indeksine ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	97.91 - <b>c</b>	0.00 - <b>h</b>	79.74 - <b>e</b>
<b>Hailbey</b>	123.84 - <b>a</b>	0.00 - <b>h</b>	118.69 - <b>b</b>
<b>Kızıltan</b>	88.13 - <b>d</b>	67.77 - <b>g</b>	77.01 - <b>f</b>
<b>LSD</b>	0,689		

Çeşit x Priming interaksiyonunda tolerans indeksi değerlerine bakıldığında istatistik olarak önemli farklılıkların olduğu görülmektedir. Tüm çeşitler için en iyi değerleri Hidropriming ön uygulaması yapılan bitkiler vermiştir. Çeşitlere göre hidropriming uygulaması değerlendirildiğinde ise Osmancık-97, Halilbey ve Kızıltan için tolerans indeksi değerleri sırasıyla 97.91, 123.84, 88.13, şeklindedir. Değerlerdende anlaşılacağı gibi hidropriming ön uygulamasında en iyi tolerans indeksi değerine halilbey çeşidi, en kötü tolerans indeksi değerine ise Kızıltan çeşidi sahiptir. Bu durum yapılan ön uygulamanın, farklı çeşitlerde stres şartlarına karşı oluşturduğu tolerans bakımından önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak hidropriming ön uygulamasının, kadmiyum ağır metali stresine karşı denemede kullanılan tüm çeltik çeşitlerinin (Osmancık-97, Halilbey, Kızıltan) tolerans



kabiliyetlerini artırdığını ancak bu tolerans durumunun da çeşitler arasında önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koyulmuştur (Çizelge 4.15).

Çizelge 4. 16. Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksiyonunda belirlenen tolerans indeksi değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	100.00 - <b>d</b>	168.24 - <b>a</b>	153.06 - <b>b</b>	95.19 - <b>e</b>	0.00 - <b>k</b>
<b>KNO<sub>3</sub></b>	27.93 - <b>i</b>	34.00 - <b>g</b>	29.16 - <b>h</b>	21.87 - <b>j</b>	0.00 - <b>k</b>
<b>SA</b>	100.00 - <b>d</b>	136.44 - <b>c</b>	137.26 - <b>c</b>	95.55 - <b>e</b>	0.00 - <b>k</b>
<b>LSD</b>	0.890				

Çeltikte, Priming x kadmiyum dozları interaksiyonu tolerans indeksleri üzerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. Tüm ön uygulamalarda kadmiyumun 100 mg/L den sonraki dozları için kontrole kıyasla tolerans indeksi değerlerinde önemli düşüşler görülmüştür. 50 mg/L ve 100 mg/L kadmiyum uygulamasında tolerans indeksi bakımından hidropriming uygulaması daha olumlu sonuçlar verirken, doz 200 mg/L ye çıkarıldığında Salisilik asit ön uygulaması ile Hidropriming ön uygulaması arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Bu durum Salisilik asit ön uygulamasının yüksek dozlardaki kadmiyum varlığında toleransı artırdığını ortaya koymaktadır. Metal dozu 400 mg/L ye çıkarıldığında ise kadmiyum toleransı yönünden tüm Priming uygulamaları etkinliğini yitirmektedir. Araştırmamızdan elde ettiğimiz sonuçlardan da anlaşılacağı gibi priming uygulamaları ortamda bulunan kadmiyum stresine karşı tolerans etkisini belirli bir doz seviyesinde gösterebilmektedir ve bu dozun üzerindeki derişimlerde etkinliğini tamamen yitirmektedir (Çizelge 4.16).

Çalışmalarımızdan elde ettiğimiz sonuçlara benzer olarak Erdoğan (2005), fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) fidelerinde nikel toksisitesinin (0.5, 5, 10, 20 ve 40 mg l-1) ve bu toksisiteyi azaltmak için humik asit(0.5, 10, 20 ve 40 mg l-1) uygulamalarının etkisini araştırdığı çalışmada, düşük nikel dozlarının fasulye fidelerinin fide özellikleri ile toksisite İndeksi özelliklerine olumlu etki gösterdiğini, nikel konsantrasyonlarının artmasıyla tüm fide özelliklerinin olumsuz etkilendiğini tespit etmiştir. Araştırmacı bununla beraber, humik asit uygulamasının nikel toksisitesinin azaltılmasında etkili olduğunu, humik asitin 10 ve 20 mg l-1 dozlarının, yüksek dozda nikelden (20 mg l-1) kaynaklanan toksisiteyi azaltmada etkili olduğunu, ancak nikelin

çok yüksek derişimlerinde (40 mg l-1) toksisiteyi engellemede yetersiz olduğunu belirlemiştir.

#### 4.5. Kök Uzunluğu (mm)

Ön muamele uygulanan çeltik çeşitlerinde, kadmiyumun kök uzunlukları üzerinde etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17' de verilmiştir

Çizelge 4.17'de görüldüğü gibi, çeşitler, priming uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş, ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.18' de verilmiştir.

Çizelge 4. 17. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, kök uzunluğuna etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler Ort	F değeri
Çeşit(Faktör A)	2	1266.23	18921.84**
Priming Uyg.(Faktör B)	2	2425.82	36250.10**
Çeşit x Priming uyg.(AB)	4	248.32	3710.77**
Kadmiyum dozu(Faktör C)	4	1819.99	27196.92**
Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)	8	205.04	3064.04**
Priming uyg. x Cd.dozu(BC)	8	233.26	3485.67**
Çeşit x P. Uyg x Cd.Dozu(ABC)	16	89.14	1332.07**
Hata	135	0.07	
Genel	179		
CV		2.40	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Farklı çeltik çeşitlerinde farklı priming uygulamalarının kadmiyum ağır metali dozlarında (0, 50, 100, 200, 400 mg/L) belirlenen kök uzunlukları arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Çeşitlere göre kök uzunlukları ortalamaları dikkate alındığında kızılitan çeşidi 14.77 mm kök uzunluğu ortalaması ile en yüksek kök uzunluğu değerini verirken Osmancık-97 çeşidi ise 5.77 mm ortalaması ile en düşük kök uzunluğu ortalaması değerini vermiştir. Yapılan ön uygulamalar ve uygulanan metal dozlarının çeşitlerle bir interaksyonu sonucu, Osmancık-97 çeltik çeşidinin kök büyümesi yönünden diğer çeşitlere oranla daha fazla baskılandığı görülmektedir. Bu

durum priming ve kadiyum uygulamalarının, kök uzunlukları bakımından farklı çeşitlere göre önemli değişikliklere neden olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge. 4.18.).

Priming ortalamalarına göre en yüksek kök uzunluğu ortalamasını 14.51 mm ile salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlar vermiştir. Ancak hidropriming yapılan tohumlar ile salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitkilerin kök uzunlukları arasındaki fark isatistik olarak birbirinden farksız bulunmuştur. Kızıltan çeşidi haricindeki çeşitlerde, Potasyum nitrat ( $KNO_3$ ) ön uygulaması yapılan tohumlarda yeterli miktarda çimlenme ve fide gelişimi olmadığından kök uzunlukları yönünden değerlendirme yapılamamıştır. Potasyum nitrat ( $KNO_3$ )' ın bu olumsuz etkisinin derişim ve uygulama süresi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. 18. Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının kök uzunluklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b><math>KNO_3</math></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort.</b>	<b>Çeşit Ort</b>
<b>Osmancık-97</b>	0	9.97 - <b>pq</b>	0.00 - <b>u</b>	11.52 - <b>n</b>	7.16 - <b>k</b>	5.77 <b>C</b>
	50	10.19 - <b>p</b>	0.00 - <b>u</b>	16.11 - <b>j</b>	8.77 - <b>ı</b>	
	100	11.23 - <b>o</b>	0.00 - <b>u</b>	11.59 - <b>n</b>	7.61 - <b>j</b>	
	200	7.47 - <b>s</b>	0.00 - <b>u</b>	8.41 - <b>r</b>	5.30 - <b>l</b>	
	400	0.00 - <b>u</b>	0.00 - <b>u</b>	0.00 - <b>u</b>	0.00 - <b>m</b>	
<b>Halilbey</b>	0	21.29 - <b>f</b>	0.00 - <b>u</b>	18.99 - <b>h</b>	13.43 - <b>e</b>	11.68 <b>B</b>
	50	34.84 - <b>b</b>	0.00 - <b>u</b>	20.83 - <b>g</b>	18.56 - <b>c</b>	
	100	21.47 - <b>f</b>	0.00 - <b>u</b>	29.32 - <b>d</b>	16.93 - <b>d</b>	
	200	14.66 - <b>k</b>	0.00 - <b>u</b>	16.44 - <b>ı</b>	10.37 - <b>h</b>	
	400	0.00 - <b>u</b>	0.00 - <b>u</b>	0.00 - <b>u</b>	0.00 - <b>m</b>	
<b>Kızıltan</b>	0	16.37 - <b>ı</b>	10.02 - <b>pq</b>	6,60 - <b>t</b>	10.10 - <b>g</b>	14.77 <b>A</b>
	50	23.78 - <b>e</b>	19.18 - <b>h</b>	35.71 - <b>a</b>	26.22 - <b>a</b>	
	100	32.90 - <b>c</b>	12.72 - <b>l</b>	29.55 - <b>d</b>	25.06 - <b>b</b>	
	200	12.23 - <b>m</b>	9.91 - <b>q</b>	12.58 - <b>l</b>	11.57 - <b>f</b>	
	400	0.00 - <b>u</b>	0.00 - <b>u</b>	0.00 - <b>u</b>	0.00 - <b>m</b>	
<b>Priming Ort.</b>		14.43 <b>A</b>	3.46 <b>B</b>	14.51 <b>A</b>		
<b>CD. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	10.53 <b>C</b>	17.85 <b>A</b>	16.54 <b>B</b>	9.08 <b>D</b>	0 <b>E</b>	
<b>LSD</b>	Çeşit Lsd: 0.418		Priming Lsd: 0.418		Doz Lsd: 0.120	
	Çeşit x Doz Lsd: 0.209		Çeşit x Priming x Doz Lsd: 0,241			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Kadmiyum dozu ortalamalarına bakıldığında en yüksek kök uzunluğu değerini 50 mg/L kadmiyum etkisi altındaki bitkiler vermiştir. 50 ve 100 mg/L dozlarında kök uzunlukları kontrole göre artış göstermiş 100 mg/L' den sonraki artırılan kadmiyum dozları karşısında ise kök uzunlukları değerlerinde düzenli olarak düşüşler kaydedilmiştir. Uygulanan kadmiyum dozu 400 mg/L çıkarıldığında ise kök oluşumu tamamen durmuştur (Çizelge 4.18.). Dolayısıyla kontrole göre karşılaştırma yapıldığında, çeltik bitkisi için kök gelişimi kadmiyum' un 100 mg/L den yüksek olan dozlarında baskılanmaya başlayıp, dozun 200 mg/L den yüksek noktalarında ise kök oluşumunun tamamen durduğu belirlenmiştir.

Nitekim Schützendübel ve ark. (2001), yürüttükleri araştırma sonucunda bitkilerin Kadmiyum (Cd) ağır metali stresine karşı tepkiyi, en hassas kısımları olan kökleriyle göstererek fizyolojik cevap verdikleri ve kadmiyum fazlalığının kök uzunluklarında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Çeşit x kadmiyum dozu interaksyonunda tüm çeşitler önemli farklılıklar sergilemiştir. 50, 100 ve 200 mg/L kadmiyum dozu etkisi altındaki tohumların kök uzunlukları kontrole göre daha uzun ya da kontrole yakın seyrederken, uygulanan doz 400 mg/L' ye çıkarıldığında tüm çeşitlerin kök oluşumunu tamamen engellediği gözlemlenmiştir. Elde etmiş olduğumuz bu sonuç ortamda bulunan yüksek dozdaki (400 mg/L) kadmiyumun çimlenmeyi tamamen durdurma gibi bir etkisinin olmamasına rağmen kök oluşumunu tamamen baskıladığını ortaya koymuştur.

Çalışmalarımızla uyumlu olarak , Erdoğan, 2005; Muhammad ve ark., 2008; Akıncı ve Akıncı, 2011; Shao ve ark., 2011' da yaptıkları çalışmalarda kadmiyum ağır metalinin kök gelişimi üzerindeki olumsuz etkilerini bildirilmişlerdir.

Çizelge 4. 19. Çeltikte, çeşit x Priming interaksyonu kök uzunluklarına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	7.77 - <b>f</b>	0.00 - <b>g</b>	9.53 - <b>e</b>
<b>Hailbey</b>	18.45 - <b>a</b>	0.00 - <b>g</b>	17.12 - <b>b</b>
<b>Kızıltan</b>	17.06 - <b>b</b>	10.37 - <b>d</b>	16.89 - <b>c</b>
<b>LSD</b>	0.161		

Çeşit x Priming interaksyonunun da Osmancık-97 çeşidi için en iyi kök uzunluğu değerini salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlar verirken, Halilbey ve Kızıltan

çeşitleri için ise en en iyi kök uzunluğu değerleri hydropriming uygulamasında kaydedilmiştir. Kök gelişimini teşvik etmesi açısından tüm ön uygulamaların çeşitlere göre farklılık gösterdiği gözlemlenmektedir (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4. 20. Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen kök uzunlukları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	15.88 - e	22.94 - c	21.87 - d	11.45 - g	0.00 - k
<b>KNO<sub>3</sub></b>	3.34 - j	6.39 - h	4.24 - i	3.30 - j	0.00 - k
<b>SA</b>	12.87 - f	24.22 - a	23.45 - b	12.47 - f	0.00 - k
<b>LSD</b>	0.209				

Ön Uygulama x Kadmiyum Dozu interaksyonu çeltikte kök uzunlukları üzerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. Tüm ön uygulamaların 50 ve 100 mg/L kadmiyum dozu etkisi altındaki bitkilerden tespit edilen kök uzunlukları kontrole göre artış göstermiş dozun 200 mg/L seviyesine çıkarılması ile ise kök uzunluklarında ciddi düşümlere sebep olmuştur.

Ön uygulamaların, tüm kadmiyum dozlarında karşılaştırılmasında ise görüldüğü üzere kadmiyum ağır metali uygulamasının 400 mg/L dozu haricindeki tüm dozlarında (50, 100, 200 mg/L) Salisilik asit priming uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitkilerin kök uzunlukları diğer ön uygulamaların yapıldığı tohumlardan elde edilen bitkilerin kök uzunluklarına göre daha olumlu sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlara göre salisilik asit ön uygulamasının, denemede kullanılan diğer ön uygulamalara göre kadmiyum kaynaklı kök gelişiminin baskılanması durumunu bertaraf etme yönünden kullanılabilirliğinin daha uygun olduğu belirlenmiştir.

#### **4.6. Sürgün Uzunluğu (mm)**

Priming uygulanan çeltik çeşitlerinde, kadmiyumun sürgün uzunlukları üzerinde etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21' de verilmiştir

Çizelge 4.21'de görüldüğü gibi, çeşitler, priming uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş, ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.22' de verilmiştir.

Çizelge 4. 21. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, sürgün uzunluğuna etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler Ort	F değeri
<b>Çeşit(Faktör A)</b>	2	9273.21	35236.24**
<b>Priming Uyg.(Faktör B)</b>	2	9939.78	37769.05**
<b>Çeşit x Priming uyg.(AB)</b>	4	1774.47	6742.62**
<b>Kadmiyum dozu(Faktör C)</b>	4	3792.32	14429.02**
<b>Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)</b>	8	534.04	2029.23**
<b>Priming uyg. x Cd.dozu(BC)</b>	8	190.59	724.19**
<b>Çeşit x P. Uyg x Cd. Dozu(ABC)</b>	16	165.03	627.09**
<b>Hata</b>	135	0.26	
<b>Genel</b>	179		
<b>CV</b>		2.12	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Denemede kullanılan çeltik çeşitlerinin sürgün uzunluklarında önemli farklılıklar görülmüştür. Kızıltan, Halilbey, Osmancık-97, çeşitleri sırasıyla 34.88, 27.16, 10.56 mm ortalama sürgün uzunluğu değerlerini vermiştir. Görüldüğü gibi en yüksek sürgün uzunluğu değerini 34.88 mm ile Kızıltan çeşidi verirken en düşük sürgün uzunluğunu değerini 10.56 mm ile Osmancık-97 çeşidi vermiştir (Çizelge. 4.22.).

Çizelge. 4.22' de görüldüğü gibi Priming ortalamaları Hidropriming, KNO<sub>3</sub> ve Salisilik Asit için sırasıyla 32.60 mm, 9.38 mm, 30.62 mm dir. En iyi sürgün uzunluğu değerini 32.60 mm ortalama ile hidropriming ön uygulaması yapılan tohumlar vermiştir. Bu sonuçlar denemede kullanılan çeşitler için hidropriming ön uygulamasının sürgün gelişimini artırdığı dolayısı ile sürgün gelişimi açısından iyi bir uyarıcı olduğunu göstermiştir.

Benzer olarak ağır metal stresinde farklı ön uygulamaların etkisinin çeşitlilik gösterdiği diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. ( Espanany ve ark., 2016; Kumar ve ark., 2016).

Kadmiyum dozları ortalamaları dikkate alındığında kontrole göre düşük kadmiyum dozlarının (50, 100 mg/L) sürgün uzunluğu değerini artırdığı ancak dozların artırılması ile (200, 400 mg/L) sürgün uzunluklarında önemli düşüşlerin meydana geldiği gözlemlenmektedir. Çeltikte yüksek kadmiyum dozlarının kök uzunluklarında olduğu gibi sürgün uzunlukları üzerinde de olumsuz etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 400 mg/L kadmiyum dozlarındaki kök ve sürgün gelişimleri karşılaştırıldığında

kadmiyum metaline bağı stresten sürgünlere kıyasla kök kısımlarının daha fazla etkilendiği, gelişimlerinin daha fazla azaldığı ve hatta kök oluşumunun tamamen durduğu tespit edilmiştir. Çalışmalarımızla benzer olarak Schützendübel ve ark. (2001), yürüttükleri araştırma sonucunda bitkilerin Kadmiyum (Cd) ağır metali stresine karşı tepkiyi, en hassas kısımları olan kökleriyle göstererek fizyolojik cevap verdikleri ve kadmiyum fazlalığının kök uzunluklarında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.22. Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının sürgün uzunluklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort.</b>	<b>Çeşit Ort.</b>
<b>Osmancık - 97</b>	0	20.72 - t	0.00 - y	21.80 - r	14.17 - ı	10.56 C
	50	25.78 - q	0.00 - y	21.92 - r	15.90 - h	
	100	21.22 - s	0.00 - y	16.14 - v	12.45 - k	
	200	16.42 - v	0.00 - y	14.32 - x	10.24 - m	
	400	0.00 - y	0.00 - y	0.00 - y	0.00 - n	
<b>Halilbey</b>	0	52.26 - e	0.00 - y	47.95 - g	33.40 - d	27.16 B
	50	53.29 - d	0.00 - y	48.55 - f	33.94 - c	
	100	47.85 - g	0.00 - y	46.41 - h	31.42 - e	
	200	36.12 - k	0.00 - y	34.33 - m	23.48 - g	
	400	21.67 - rs	0.00 - y	19.02 - u	13.56 - j	
<b>Kızıltan</b>	0	31.77 - n	34.96 - l	26.51 - p	31.08 - e	34.88 A
	50	58.74 - b	47.52 - g	60.66 - a	55.64 - a	
	100	57.54 - c	36.42 - k	45.64 - ı	46.54 - b	
	200	30.45 - o	21.86 - r	37.37 - j	29.90 - f	
	400	15.22 - w	0.00 - y	18.60 - u	11.27 - l	
<b>Priming Ort.</b>		32.60 A	9.38 C	30.62 B		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	26.22 C	35.16 A	30.14 B	21.21 D	8.28 E	
<b>LSD</b>	<b>Çeşit Lsd: 0.828</b>		<b>Priming Lsd: 0.828</b>		<b>Doz Lsd: 0.239</b>	
	<b>Çeşit x Doz Lsd: 0.414</b>		<b>Çeşit x Priming x Doz Lsd: 0,478</b>			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.22. de görüldüğü üzere çeşit x kadmiyum dozu interaksiyonunda önemli farklılıklar tespit edilmiştir. 400 mg/L dozundaki kadmiyumun Kızıltan ve Halilbey çeşitlerinin sürgün uzunlukları üzerinde önemli düşümlere sebep olduğu gözlemlenirken, aynı dozdaki kadmiyumun Osmancık-97 çeşidinin sürgün gelişimini

tamamen durdurduğu gözlemlenmiştir. Çalışmalarımıza benzer şekilde Haktanır ve Arcak, 1998 yılındaki yürüttükleri çalışmada Toksisitenin metalden metale farklılık gösterebildiği gibi, organizmadan organizmaya da değişebileceğini, olumlu veya olumsuz (toksik) etkilerin yalnızca elementin tipi ve derişimine bağlı olmayıp değişik türlerin genetik esaslı fizyolojik davranışları ile de ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4. 23. Çeltikte çeşit x priming interaksyonunun sürgün uzunluklarına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	16.82 - <b>f</b>	0.00 - <b>h</b>	14.84 - <b>g</b>
<b>Hailbey</b>	42.24 - <b>a</b>	0.00 - <b>h</b>	39.25 - <b>b</b>
<b>Kızıltan</b>	38.75 - <b>c</b>	28.15 - <b>e</b>	37.76 - <b>d</b>
<b>LSD</b>	0.320		

Çeşit x priming interaksyonuna bağlı olarak denemede kullanılan tüm çeltik çeşitleri için en iyi sürgün uzunluğu sonuçlarını Hidropriming ön uygulamasına tabi tutulan tohumlardan elde edilen bitkiler vermiştir. Elde etmiş olduğumuz değerlere göre Hidropriming ön uygulamasının denemede kullanılan çeltik çeşitlerinde sürgün gelişimini teşvik etmesi açısından iyi bir ön muamele çeşidi olduğu sonucuna varılmıştır. (Çizelge 4.23.)

Çizelge 4. 24. Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen sürgün uzunlukları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	34.91 - <b>e</b>	45.94 - <b>a</b>	42.21 - <b>c</b>	27.67 - <b>h</b>	12.29 - <b>j</b>
<b>KNO<sub>3</sub></b>	11.65 - <b>k</b>	15.84 - <b>ı</b>	12.14 - <b>j</b>	7.29 - <b>l</b>	0.00 - <b>m</b>
<b>SA</b>	32.09 - <b>f</b>	43.71 - <b>b</b>	36.06 - <b>d</b>	28.68 - <b>g</b>	12.54 - <b>j</b>
<b>LSD</b>	0.414				

Priming x Kadmiyum dozu interaksyonunda çeşitlerin tamamı, düşük kadmiyum dozlarında (50, 100 mg/L) sürgün uzunlukları yönünden kontrole göre yüksek değerler verirken, kadmiyum dozu arttıkça değerlerde önemli düşüşler görülmektedir. (Çizelge 4.24.) Bu durum kadmiyum ağır metalinin yüksek dozlarının (200, 400 mg/L), denemede kullanılan çeşitlerin sürgün gelişimini önemli derecede engellediğini ortaya koymaktadır.



#### 4.7. Kök Yaş Ağırlığı (mg)

Priming uygulanan çeltik çeşitlerinde, kadmiyumun kök yaş ağırlıkları üzerinde etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.26' te verilmiştir.

Çizelge 4. 25. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, kök yaş ağırlığına etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler Ort.	F değeri
Çeşit(Faktör A)	2	511.95	14944.03**
Priming Uyg.(Faktör B)	2	1779.59	51947.22**
Çeşit x Priming uyg.(AB)	4	459.43	13411.08**
Kadmiyum dozu(Faktör C)	4	1146.76	33474.76**
Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)	8	49.84	1454.84**
Priming uyg. x Cd. dozu(BC)	8	154.51	4510.16 **
Çeşit x P. Uyg x Cd. Dozu(ABC)	16	66.04	1927.68**
Hata	135	0.03	
Genel	179		
CV		2.00	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Çizelge 4.25'de görüldüğü gibi, çeşitler, priming uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksiyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş, ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.26' de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçları çeşitlerin kök yaş ağırlıkları üzerinde etkisinin önemli olduğunu göstermiştir. Çeşit farklılıklarına bağlı olarak kök yaş ağırlıkları 11.63 mg ile 6.01 mg aralığında değişim sergilemiştir (Çizelge 4.26.).

Çizelge 4.26. da görüldüğü gibi Priming uygulamalarına bağlı olarak kök yaş ağırlıkları önemli farklılıklar göstermektedir. En yüksek kök yaş ağırlığını 13.35 mg ortalama ile hidropriming uygulanan bitkiler verirken, en düşük kök yaş ağırlığını ise 3.09 mg ortalama ile KNO<sub>3</sub> ön uygulaması yapılan bitkiler vermiştir. Bu verilerden de anlaşılacağı gibi denemede kullanılan çeşitler için hidropriming ön uygulamasının kök gelişimi üzerine olumlu etkilerinin olduğu saptanmıştır.

Kadmiyum dozu interaksiyonları dikkate alındığında 50 ve 100 mg/L kadmiyum uygulanan bitkilerin kök yaş ağırlıkları kontrole göre artış gösterdiği halde, kadmiyum dozu 200 mg/L ye çıkarıldığında kök yaş ağırlığında önemli miktarda düşüş

gözlemlenmiş ve metal dozu 400 mg/L ye çıkarıldığında ise kök gelişimini tamamen durdurmuştur. Nitekim yüksek dozlardaki ( $\geq 200$ ,  $\leq 400$  mg/L) kadmiyum (Cd) varlığının denemede kullanılan çeltik çeşitleri için kök gelişimini baskıladığı veya tamamen durdurduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.26.).

Çizelge 4. 26. Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının kök yaş ağırlıklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort</b>	<b>Çeşit Ort.</b>
<b>Osmancık -97</b>	0	8.57 - t	0.00 - w	11.47 - r	6.68 - j	6.01 C
	50	14.54 - k	0.00 - w	13.39 - m	9.31 - h	
	100	13.73 - l	0.00 - w	12.13 - p	8.62 - ı	
	200	8.40 - t	0.00 - w	7.89 - u	5.43 - k	
	400	0.00 - w	0.00 - w	0.00 - w	0.00 - l	
<b>Halilbey</b>	0	20.46 - e	0.00 - w	19.47 - f	13.31 - d	11.63 A
	50	30.07 - a	0.00 - w	19.55 - f	16.54 - c	
	100	23.72 - d	0.00 - w	27.49 - b	17.07 - b	
	200	15.92 - h	0.00 - w	17.84 - g	11.25 - e	
	400	0.00 - w	0.00 - w	0.00 - w	0.00 - l	
<b>Kızıltan</b>	0	15.51 - ı	11.69 - q	1.42 - v	9.54 - g	10.19 B
	50	14.50 - k	13.35 - m	12.51 - o	13.45 - d	
	100	24.68 - c	12.78 - n	15.15 - j	17.54 - a	
	200	10.12 - s	8.51 - t	12.54 - o	10.39 - f	
	400	0.00 - w	0.00 - w	0.00 - w	0.00 - l	
<b>Priming Ort.</b>		13.35 A	3.09 C	11.39 B		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	9.84 C	13.10 B	14.41 A	9.02 D	0 E	
<b>LSD</b>	<b>Çeşit Lsd: 0.297</b>		<b>Priming Lsd: 0.297</b>		<b>Doz Lsd: 0.085</b>	
	<b>Çeşit x Doz Lsd: 0.148</b>		<b>Çeşit x Priming x Doz Lsd: 0,171</b>			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.26 da görüldüğü üzere Çeşit x Priming x Kadmiyum Dozu üçlü interaksyonuna bağlı olarak kök yaş ağırlıklarında önemli farklılıklar sergilemiştir. Tüm çeşitlerin ve tüm ön uygulamaların kök yaş ağırlığı tespit edilebilen en yüksek kadmiyum dozu olan 200 mg/L etkisi altındaki kök yaş ağırlıkları dikkate alındığında Halilbey ve Kızıltan çeşidi için en iyi kök yaş ağırlığı değerini salisilik asit ön uygulaması yapılan bitkiler verirken Osmancık-97 çeşidi için ise en iyi kök yaş ağırlığı değerini hidropriming ön uygulaması yapılan bitkiler vermiştir. Bu durum farklı

çeşitlerin, farklı ön uygulamaların ve farklı ağır metal dozlarının kök gelişimi üzerine etkilerinin farklılık gösterebileceğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4. 27. Çeltikte, çeşit x priming interaksyonu kök yaş ağırlıklarına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	9.05 - e	0.00 - g	8.98 - e
<b>Hailbey</b>	18.03 - a	0.00 - g	16.87 - b
<b>Kızıltan</b>	12.96 - c	9.27 - d	8.33 - f
<b>LSD</b>	0.115		

Çeşit x Priming interaksyonuna bağlı olarak kök yaş ağırlıklarında önemli farklılıklar görülmektedir. En yüksek kök yaş ağırlığı değerini Halilbey 18.03 mg, Kızıltan 12.96 mg ve Osmancık-97 9.05 mg ortalama ile Hidropriming uygulamasına tabi tutulan tohumlardan oluşan bitkiler vermiştir. 48 saat % 2 Potasyum nitrat (KNO<sub>3</sub>) ön uygulaması yapılan çeşitlerde ise Kızıltan çeşidi hariç, yeterli miktarda çimlenme ve fide gelişimi olmadığından kök ve sürgün özellikleri bakımından değerlendirmeye alınamamıştır. KNO<sub>3</sub> ön uygulamasının bu olumsuz etkisinin, derişim ve uygulama süresi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. 28. Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen kök yaş ağırlıkları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	14.85 - e	19.70 - b	20.71 - a	11.47 - g	0.00 - m
<b>KNO<sub>3</sub></b>	3.90 - k	4.45 - ı	4.26 - j	2.84 - l	0.00 - m
<b>SA</b>	10.79 - h	15.14 - d	18.26 - c	12.75 - f	0.00 - m
<b>LSD</b>	0.148				

Çeltikte, priming x kadmiyum dozları interaksyonu Çizelge 4.28. de verilmiştir. Düşük dozlardaki kadmiyumun (50, 100 mg/L) kök yaş ağırlıklarını kontrole göre artırdığı gözlemlenirken, konsantrasyonun 200 mg/L' ye çıkarıldığında kök gelişimini önemli derecede düşürdüğü gözlemlenmektedir. Denemede kullanılan ve en yüksek doz olan 400 mg/L kadmiyum uygulamasının kök gelişiminin baskılandığı ve hatta kök oluşumunu tamamen durdurduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kullandığımız priming uygulamalarında (Hidropriming, KNO<sub>3</sub>, Salisilik Asit) kadmiyum ağır metali kaynaklı bu durumu değiştirmede etkinliğinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

#### 4.8. Sürgün Yaş Ağırlığı (mg)

Ön muamele uygulanan çeltik çeşitlerinde, kadmiyumun sürgün yaş ağırlığı üzerinde etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29’de verilmiştir.

Çizelge 4. 29. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, sürgün yaş ağırlığına etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler Ort	F değeri
Çeşit(Faktör A)	2	2561.57	27092.21**
Priming Uyg.(Faktör B)	2	4006.34	42372.79**
Çeşit x Priming uyg.(AB)	4	485.95	5139.57**
Kadmiyum dozu(Faktör C)	4	1372.56	14516.75**
Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)	8	31.13	329.27**
Priming uyg. x Cd. dozu(BC)	8	106.87	1130.25**
Çeşit x P. Uyg x CD. Dozu(ABC)	16	72.21	763.77**
Hata	135	0.095	
Genel	179		
CV		2.06	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Çizelge 4.29’de görüldüğü gibi, çeşitler, priming uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksiyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş, ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.30’ de verilmiştir.

Denemede kullanılan çeltik çeşitlerinin sürgün yaş ağırlıklarında önemli farklılıklar görülmüştür. Çeşitlere göre sürgün yaş ağırlıkları ortalamaları dikkate alındığında kıziltan çeşidi 21.25 mg sürgün yaş ağırlığı ortalaması ile en yüksek sürgün yaş ağırlığı değerini verirken Osmancık-97 çeşidi ise 8.20 mg ortalaması ile en düşük sürgün yaş ağırlığı ortalaması değerini vermiştir (Çizelge. 4.30).

Priming ortalamalarına göre en yüksek sürgün yaş ağırlıkları ortalamasını 20.01 mg ile hidropriming yapılan tohumlardan elde edilen bitkiler vermiştir. Salisilik asit ön uygulaması yapılan bitkiler ise 19.26 mg sürgün yaş ağırlığıyla hidropriming uygulamasını takip etmektedir, bu iki ön uygulama istatistiksel olarak birbirinden farklı gruplarda yer almıştır. 5.50 mg ortalama ile en düşük sürgün yaş ağırlığı değerini ise KNO<sub>3</sub> ön uygulamasına tabi tutulan bitkiler vermiştir (Çizelge 4.30.). Bu verilerden de anlaşılacağı gibi denemede kullanılan çeşitler için sürgün gelişimini teşvik etmesi

açısından en el verişli ön uygulama hidropriming ön uygulamasıdır. 48 saat %2 KNO<sub>3</sub> ön uygulaması ise sürgün gelişimi açısından uygun bir uyarıcı uygulaması değildir. Bu durumun uygulama süresi ve konsantrasyon ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Konsantrasyon ve uygulama süresi çalışmaları ile Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>) ön uygulamasının uyarıcı olarak kullanımı araştırılmalı ve en uygun kullanım şekli belirlenmelidir.

Çizelge 4. 30. Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının sürgün yaş ağırlıklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort</b>	<b>Çeşit Ort.</b>
<b>Osmancık</b>	0	15.47 - r	0.00 - y	12.46 - t	9.31 i	8.20 C
	50	24.71 - h	0.00 - y	15.54 - r	13.42 - g	
	100	21.60 - k	0.00 - y	13.72 - s	11.77 - h	
	200	10.52 - u	0.00 - y	9.02 - w	6.51 - j	
	400	0.00 - y	0.00 - y	0.00 - y	0.00 - l	
<b>Halilbey</b>	0	28.10 - e	0.00 - y	28.92 - c	19.01 - e	15.31 B
	50	33.86 - a	0.00 - y	30.12 - c	21.33 - d	
	100	24.15 - i	0.00 - y	26.08 - f	16.74 - f	
	200	20.28 - lm	0.00 - y	19.43 - o	13.23 - g	
	400	8.47 - x	0.00 - y	10.17 - v	6.21 - k	
<b>Kızıltan</b>	0	22.77 - j	20.15 - mn	25.14 - g	22.68 - c	21.25 A
	50	29.89 - c	25.40 - g	30.84 - b	28.71 - a	
	100	30.05 - c	20.45 - l	28.96 - d	26.49 - b	
	200	20.18 - l-n	16.42 - q	19.92 - n	18.84 - e	
	400	10.11 - v	0.00 - y	18.52 - p	9.54 - i	
<b>Priming Ort.</b>		20.01 A	5.50 C	19.26 B		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	17.00 C	21.15 A	18.33 B	12.86 D	5.25 E	
<b>LSD</b>	<b>Çeşit Lsd: 0.497</b>		<b>Priming Lsd: 0.497</b>		<b>Doz Lsd: 0.143</b>	
	<b>Çeşit x Doz Lsd: 0.248</b>		<b>Çeşit x Priming x Doz Lsd: 0,287</b>			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Metal dozu ortalamalarına ilişkin olarak sürgün yaş ağırlığı değerleri 0, 50, 100, 200, 400 mg/L dozajlarında sırası ile 17.00, 21.15, 18.33, 12.86, 5.25 mg dir. Değerlerden de anlaşılacağı gibi düşük kadmiyum dozlarında (50, 100 mg/L) sürgün yaş ağırlıkları kontrole göre artış göstermektedir. Ancak kadmiyum dozları daha yüksek

seviyelere çıkarıldığında (200, 400 mg/L) sürgün yaş ağırlıklarında ciddi düşüşler görülmektedir. Nitekim yüksek kadmiyum dozlarının sürgün gelişimini önemli seviyede azalttığı sonucuna varılmıştır. (Çizelge 4.30.).

Çizelge 4.30.' da görüldüğü gibi Çeşit x Metal Dozu interaksiyonunda sürgün yaş ağırlıkları yönünden önemli farklılıklar görülmektedir. Çalışmamızda kullandığımız en yüksek doz olan 400 mg/L kadmiyum etkisi altındaki çeşitlerin vermiş olduğu tepkiler karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde; Kızıltan çeşidi 9.54 mg, Halilbey çeşidi 6.21 mg ve Osmancık-97 çeşidi ise 0.00 mg sürgün yaş ağırlığı değerlerini vermektedir. Bu verilerden yola çıktığımızda farklı genotiplerin kadmiyum stresine karşı gösterdikleri tepkinin birbirlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kadmiyumun sürgün gelişimi üzerine olumsuz etkilerine karşı Kızıltan çeşidinin diğer çeşitlere göre daha dirençli olduğu, Osmancık çeşidinin ise diğer çeşitlere kıyasla tolerans kabiliyetinin daha az olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4. 31. Çeltikte çeşit x priming interaksiyonu sürgün yaş ağırlığına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	15.46 - e	0.00 - g	10.15 – f
<b>Hailbey</b>	22.97 - b	0.00 - g	22.94 – b
<b>Kızıltan</b>	22.60 - c	16.49 - d	24.68 – a
<b>LSD</b>		0.1928	

Çeşit x Priming interaksiyonunun da sürgün yaş ağırlıkları değerlendirildiğinde Osmancık-97 çeşidi için 15.46 mg ile hidropriming yapılan tohumlardan elde edilen bitkiler en yüksek sürgün yaş ağırlığı değerini verirken, Kızıltan çeşidi için ise en iyi değeri 24.68 mg ortalama ile Salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen sürgünler vermiştir. Halilbey çeşidinde hidropriming uygulanan bitkiler 22.97 mg, salisilik asit uygulanan bitkiler ise 22.94 mg sürgün yaş ağırlığı değerleri ile istatistiksel olarak birbirlerinden farksız olmuşlardır (Çizelge 4.31.). Elde etmiş olduğumuz bu sonuçların karşılıklı olarak değerlendirilmesi ile kullanılan priming uygulamalarının sürgün gelişimi üzerine etkilerinin çeşitlere göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4. 32. Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen sürgün yaş ağırlıkları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	22.12 - <b>d</b>	29.49 - <b>a</b>	25.25 - <b>b</b>	16.12 - <b>f</b>	6.19 - <b>j</b>
<b>KNO<sub>3</sub></b>	6.72 - <b>i</b>	8.47 - <b>h</b>	6.81 - <b>i</b>	5.47 - <b>k</b>	0.00 - <b>l</b>
<b>SA</b>	22.17 - <b>d</b>	25.50 - <b>b</b>	22.92 - <b>c</b>	16.99 - <b>e</b>	9.56 - <b>g</b>
<b>LSD</b>	0.289				

Çizelge 4.32. de görüldüğü gibi priming x kadmiyum dozları interaksyonu sürgün yaş ağırlığı değerlerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. En yüksek sürgün yaş ağırlığı değeri (29.49 mg) Hidropriming ön uygulamasının 50 mg/L metal dozunda kaydedilirken en düşük sürgün ağırlığı (0.00) ise KNO<sub>3</sub> ön uygulamasının 400 mg/L dozunda tespit edilmiştir. Ayrıca tüm ön uygulamaların 50 ve 100 mg/L kadmiyum dozunda kontrole göre sürgün yaş ağırlıklarında artış görüldüğü, dozun 200 ve 400 mg/L ye çıkarılması ise sürgün yaş ağırlıklarında önemli düşümlere sebep olduğu görülmektedir. Bu durum düşük dozlarda kadmiyum varlığının sürgün gelişimini teşvik ettiği ancak dozun yükselmesiyle sürgün gelişiminde şiddetli gerilemelere sebep olduğunu ortaya koymuştur. Hidropriming ve Salisilik asit ön uygulamasının 400 mg/L kadmiyum varlığında gösterdikleri sürgün yaş ağırlığı değerleri ise sırasıyla 6.19 mg, 9.56 mg dır. Sonuç olarak düşük kadmiyum dozlarında (50,100 mg/L) hidropriming ön uygulamasının denemede kullanılan diğer ön uygulamalarına kıyasla sürgün gelişimi yönünden olumlu etkisinin olduğunu ancak, kadmiyum dozu arttığında (200, 400 mg/L) Salisilik Asit ön uygulamasının diğer ön muamelelere göre sürgün gelişimi üzerine kadmiyumun olumsuz etkilerini azalmada daha etkin olduğu belirlenmiştir.

#### **4.9. Kök Kuru Ağırlığı (mg)**

Priming uygulanan çeltik çeşitlerinde, kadmiyumun kök kuru ağırlıkları üzerinde ki etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.33’de görüldüğü gibi, çeşitler, priming uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş, ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.34’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 33. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, kök kuru ağırlığına etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler Ort.	F değeri
<b>Çeşit(Faktör A)</b>	2	592.38	2647.41**
<b>Priming Uyg.(Faktör B)</b>	2	1773.29	7924.98**
<b>Çeşit x Priming uyg.(AB)</b>	4	429.28	1918.49**
<b>Kadmiyum dozu(Faktör C)</b>	4	118.43	4998.36**
<b>Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)</b>	8	54.16	242.04**
<b>Priming uyg. x Cd. dozu(BC)</b>	8	159.14	711.21**
<b>Çeşit x P. Uyg x Cd. Dozu(ABC)</b>	16	66.00	294.96**
<b>Hata</b>	135	0.22	
<b>Genel</b>	179		
<b>CV</b>		5.17	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Kök kuru ağırlıkları çeşit ortalamalarına göre önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek kök kuru ağırlığı 11.64 mg/10 bitki ortalaması ile Halilbey çeşidi vermiştir. Osmancık-97 çeşidi ise 5.62 mg/10 bitki ortalaması ile en düşük kök kuru ağırlığı değerine sahiptir (Çizelge 4.34.)

Varyans analiz sonuçları priming uygulamalarının kök kuru ağırlığı üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir. Priming uygulamalarına bağlı olarak kök kuru ağırlıkları 13.19 mg/10 bitki ile 2.97 mg/10 bitki arasında değişim göstermiştir. Hidropriming ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitkiler 13.19 mg/10 bitki kök kuru ağırlığı ortalaması ile en iyi kök kuru ağırlığı değerini verirken en düşük kök kuru ağırlığı değerini ise 2.97 mg/10 bitki kök kuru ağırlığı ile KNO<sub>3</sub> ön uygulaması yapılan bitkiler vermiştir. Bu değerlere bağlı olarak hidropriming ön uygulamasının kök gelişimini üzerine olumlu etki ettiği saptanmıştır (Çizelge 4.34.).

Çizelge 4.34. te görüldüğü gibi farklı kadmiyum dozu uygulamaları kök kuru ağırlıkları üzerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. Düşük dozlardaki kadmiyum uygulamaları kök kuru ağırlıklarını artırırken doz 200 mg/L yükseltildiğinde kök kuru ağırlıkları kontrole göre ve düşük doz kadmiyum uygulamalarına göre önemli seviyede düşüşler göstermiştir. 400 mg/L kadmiyumun varlığında kök gelişimi tamamen durduğundan yeterli kök elde edilememiştir ve sonuçlar sıfır olarak kaydedilmiştir. Elde etmiş olduğumuz veriler değerlendirildiğinde, Çeltik bitkisinde düşük dozlardaki kadmiyum varlığının kök gelişimini artırdığı, dozun 200 mg/L seviyelerine



çıkarılmasıyla ise kök gelişimini önemli derecede baskıladığı tespit edilmiştir. Öte yandan denemede kullandığımız en yüksek doz olan 400 mg/L kadmiyum uygulamasının ise kök oluşumunu tamamen durdurduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4. 34. Farklı çeltik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının kök kuru ağırlıklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort.</b>	<b>Çeşit Ort</b>
<b>Osmancık-97</b>	0	8.28 - s	0.00 - v	9.55 - o	5.94 - ı	5.62 C
	50	14.03 - k	0.00 - v	12.95 - lm	8.99 - g	
	100	12.90 - m	0.00 - v	11.45 - n	8.05 - h	
	200	7.38 - st	0.00 - v	8.48 - t	5.12 - j	
	400	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - k	
<b>Halilbey</b>	0	20.15 - e	0.00 - v	19.80 - e	13.32 - c	11.64 A
	50	30.28 - q	0.00 - v	19.25 - f	16.51 - b	
	100	28.25 - d	0.00 - v	26.98 - b	17.08 - a	
	200	16.13 - h	0.00 - v	17.78 - g	11.30 - d	
	400	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - k	
<b>Kızıltan</b>	0	15.98 - h	10.70 - p	14.75 - k	9.48 - f	10.19 B
	50	14.80 - j	13.03 - lm	12.98 - lm	13.60 - c	
	100	24.95 - c	12.00 - n	15.25 - ı	17.40 - a	
	200	9.38 - q	8.80 - r	13.28 - l	10.48 - e	
	400	0.00 - u	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - k	
<b>Priming Ort.</b>		13.19 A	2.97 C	11.30 B		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	9.58 C	13.03 B	14.18 A	8.97 D	0.00 E	
<b>LSD</b>	<b>Çeşit Lsd: 0.241</b>		<b>Priming Lsd: 0.241</b>		<b>Doz Lsd: 0.220</b>	
	<b>Çeşit x Doz Lsd: 0.382</b>		<b>Çeşit x Priming x Doz Lsd: 0,441</b>			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistikse olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çeşit x Kadmiyum Dozu İnteraksiyonunda kök kuru ağırlığı üzerine önemli farklılıklar görülmüştür. Tüm çeşitlerin 200 mg/L kadmiyum dozundaki kök kuru ağırlıkları ortalamaları dikkate alındığında Osmancık-97, Halilbey ve Kızıltan çeşitleri sırasıyla 5.12 mg/10 bitki, 11.30 mg/10 bitki, 10.48 mg/10 bitki değerlerini vermiştir. Bu değerlere göre yüksek kadmiyum dozlarından kaynaklı olumsuzluktan en fazla Osmancık çeşidinin kök kısımlarının, en az ise Halilbey çeşidinin kök kısımlarının etkilendiği tespit edilmiştir. Ayrıca tüm çeşitlerin kök oluşumunun 400 mg /L

kadmiyum varlığında tamamen durduğu ve çeşitler arası farklılık gösteren tolerans kabiliyetlerinin bu durumu değiştirmedığı sonucuna varılmıştır.

Çeşit x Kadmiyum dozu x Priming uygulamaları üçlü interaksiyonunda kök kuru ağırlığı yönünden farklı eğilimler olduğu görülmüştür. Çeşitlerin tamamını tüm dozlarda ve tüm priming uygulamaları altında gösterdikleri kök kuru ağırlığı yönünden karşılaştırdığımızda, tüm çeşitlerin hidropriming uygulaması ve düşük dozlar (50,100 mg/L) altındaki tekerrürlerinin kök kuru ağırlığı yönünden üstün geldiği gözlemlenmiştir. Fakat tüm çeşitlerde dozlar yükseltildiğinde (200 mg/L) salisilik asit uygulanan tohumlardan elde edilen bitkilerin kök kuru ağırlıkları üstünlük göstermiştir (Çizelge 4.34.). Almış olduğumuz bu sonuçlar salisilik asit ön uygulamasının yüksek dozlardaki kadmiyum varlığında kök gelişimi üzerinde oluşacak olumsuz etkiye karşı antagonist özellik gösterdiğini ortaya koymuştur.

Çizelge 4. 35. Çeltikte, çeşit x priming interaksiyonu kök kuru ağırlıklarına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	8.57 - <b>ef</b>	0.00 - <b>g</b>	8.29 - <b>f</b>
<b>Hailbey</b>	17.89 - <b>a</b>	0.00 - <b>g</b>	16.99 - <b>b</b>
<b>Kızıltan</b>	13.02 - <b>c</b>	8.91 - <b>d</b>	8.65 - <b>cd</b>
<b>LSD</b>		0.296	

Çizelge 4.35. de izlendiği gibi Çeşit x Priming ikili interaksiyonunda kök kuru ağırlıkları yönünden farklılıklar görülmüştür. Tüm çeşitler için en yüksek kök kuru ağırlığı değerlerini hidropriming ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitkiler vermiştir. Sonuç olarak denemede kullanılan tüm çeşitler için Hidropriming ön uygulamasının kök gelişimi üzerine pozitif etkisinin olduğu belirlenmiştir. Potasyum nitrat (KNO<sub>3</sub>) ön uygulamasında ise Kızıltan çeşidi hariç yeterli miktarda çimlenme ve fide gelişimi olmadığından fide özellikleri bakımından değerlendirmeye alınmamıştır. KNO<sub>3</sub> ön uygulamasının çimlenme ve fide gelişimi üzerine gösterdiği bu olumsuz etkinin derişim ve uygulama süresi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4. 36. Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksionunda belirlenen kök kuru ağırlıkları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	14.80 - <b>d</b>	19.70 - <b>b</b>	20.30 - <b>a</b>	11.13 - <b>f</b>	0.00 - <b>k</b>
<b>KNO<sub>3</sub></b>	3.57 - <b>i</b>	4.34 - <b>h</b>	4.00 - <b>h</b>	2.93 - <b>j</b>	0.00 - <b>k</b>
<b>SA</b>	10.37 - <b>g</b>	15.06 - <b>d</b>	18.23 - <b>c</b>	12.94 - <b>e</b>	0.00 - <b>k</b>
<b>LSD</b>	0.382				

Ön uygulama x Kadmiyum dozu interaksionunda; kontrol, 50 ve 100 mg/L dozunda en yüksek kök kuru ağırlığı değerlerini hidropriming yapılan bitkiler vermiştir. Kontrol ve tüm dozlarda en düşük kök kuru ağırlığı ortalamalarını KNO<sub>3</sub> ön uygulaması yapılan bitkiler sergilemiştir. 200 mg/L dozunda ise en yüksek kök kuru ağırlığını salisilik asit uygulanan bitkiler vermiştir. Tüm ön uygulamaların 400 mg/L kadmiyum dozunda kök oluşumları tamamen durmuştur ve ön uygulamaların yüksek doz (400 mg/L) kadmiyumdan kaynaklanan olumsuz etkiye karşı herhangi bir etkinliğinin olmadığı sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.36.).

#### 4.10. Sürgün Kuru Ağırlığı (mg)

Ön muamele uygulanan çeltik çeşitlerinde, kadmiyumun sürgün kuru ağırlıkları üzerinde etkisine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4. 37. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, sürgün kuru ağırlığına etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

<b>Varyasyon kaynakları</b>	<b>Serbestlik derecesi</b>	<b>Kareler Ort.</b>	<b>F değeri</b>
<b>Çeşit(Faktör A)</b>	2	2491.35	9234.19**
<b>Priming Uyg.(Faktör B)</b>	2	3771.61	13978.46**
<b>Çeşit x Priming uyg.(AB)</b>	4	484.30	1795.04**
<b>Kadmiyum dozu(Faktör C)</b>	4	1325.30	4912.20**
<b>Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)</b>	8	33.18	122.99**
<b>Priming uyg. x Cd. dozu(BC)</b>	8	102.70	380.64**
<b>Çeşit x P. Uyg x Cd. Dozu(ABC)</b>	16	72.81	269.88**
<b>Hata</b>	135	0.27	
<b>Genel</b>	179		
<b>CV</b>		5.17	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Çizelge 4.37’de görüldüğü gibi, çeşitler, priming uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş, ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.38’ de verilmiştir.

Çeşit ortalamalarına ilişkin sürgün kuru ağırlıkları dikkate alındığında çeşitler arasında önemli farklılıklar görülmüştür. En yüksek sürgün kuru ağırlığına 20.70 mg/10 bitki ortalamasıyla Kızıltan çeşidi, en düşük sürgün kuru ağırlığına ise 7,84 mg/10 bitki ortalaması ile Osmancık-97 çeşidi sahiptir (Çizelge 4.38.).

Priming ortalamalarına göre hidropriming ön uygulaması 19.24 mg/10 bitki, salisilik asit ön uygulaması ise 18.94 mg/10 bitki sürgün kuru ağırlığı ile istatistik olarak aynı grupta yer almışlardır.  $KNO_3$  ön uygulaması yapılan bitkiler 5.36 mg/10 bitki sürgün ağırlığı ile en düşük değeri vermişlerdir (Çizelge 4.38.).

Çizelge 4.38. de görüldüğü gibi uygulanan Kadmiyum dozları sürgün kuru ağırlıklarında önemli farklılıklara neden olmuştur. Düşük dozlardaki (50,100 mg/L) kadmiyum ağır metali varlığı, kontrole göre sürgün kuru ağırlığının artmasına sebep olurken, dozun 200 ve 400 mg/L ye çıkarılmasıyla sürgün kuru ağırlığında önemli düşüşler görülmüştür. Dolayısıyla yüksek dozlardaki kadmiyumun denemede kullanılan çeşitler için sürgün gelişimi üzerine olumsuz etkilerinin olduğu ve kadmiyumun olumsuz etkilerine karşı çeltik bitkisindeki kırılma noktasının 100 mg/L dozunun üzerindeki dozlarda başladığı saptamıştır.

Çeşit x Kadmiyum Dozu interaksiyonuna ilişkin olarak sürgün kuru ağırlıklarında önemli farklılıklar görülmüştür. Tüm çeşitlerde 100 mg/L dozundan sonraki yüksek dozlarda kontrole göre önemli düşüşler görülmüştür. Denemede kullanılan ve en yüksek kadmiyum dozu olan 400 mg/L etkisi altındaki tekerrürler dikkate alındığında; Kızıltan çeşidi 9.28 mg/10 bitki, Halilbey çeşidi 5.80 mg/10 bitki, Osmancık-97 çeşidi ise 0.00 mg/10 bitki değerlerini vermiştir. (Çizelge 4.38.). Bu değerlerden de anlaşıldığı üzere sürgün gelişimi açısından yüksek dozlardaki kadmiyumun olumsuz etkilerine karşı en dayanıklı çeşit Kızıltan en dayanıksız çeşit ise Osmancık-97’ dir.

Çizelge 4. 38. Farklı çeşitlik çeşitlerinde priming ve kadmiyum dozlarının sürgün kuru ağırlıklarına etkisine ait ortalama değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar.

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort</b>	<b>Çeşit Ort.</b>
<b>Osmancık-97</b>	0	14.55 - o	0.00 - v	12.05 - q	8.87 - j	7.84 C
	50	23.23 - h	0.00 - v	14.60 - o	12.61 - h	
	100	20.97 - j	0.00 - v	13.08 - p	11.35 - ı	
	200	10.20 - n	0.00 - v	9.90 - t	6.37 - k	
	400	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - v	0.00 - m	
<b>Halilbey</b>	0	27.83 - e	0.00 - v	28.83 - d	18.88 - e	14.99 B
	50	33.80 - a	0.00 - v	29.89 - c	21.23 - d	
	100	22.50 - ı	0.00 - v	26.23 - f	16.24 - g	
	200	19.35 - l	0.00 - v	19.98 - m	12.84 - h	
	400	7.53 - u	0.00 - v	9.88 - s	5.80 - l	
<b>Kızıltan</b>	0	22.35 - ı	20.15 - k	24.58 - g	22.35 - c	20.70 A
	50	28.83 - d	24.73 - g	30.88 - b	28.14 - a	
	100	28.75 - d	19.63 - l	28.45 - d	25.61 - b	
	200	18.73 - m	15.88 - n	19.83 - kl	18.11 - f	
	400	9.28 - st	0.00 - v	18.55 - m	9.28 - j	
<b>Priming Ort.</b>		19.24 A	5.36 B	18.94 A		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	16,70 C	20,65 A	17,73 B	12,44 D	5,03 E	
<b>LSD</b>	<b>Çeşit Lsd: 0.839</b>		<b>Priming Lsd: 0.839</b>		<b>Doz Lsd: 0.242</b>	
	<b>Çeşit x Doz Lsd: 0.419</b>		<b>Çeşit x Priming x Doz Lsd: 0,484</b>			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistikse olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çeşit x Metal dozu x Ön uygulama interaksiyonunda Çizelge 4.38. de görüldüğü üzere sürgün kuru ağırlıklarında önemli farklılıklar gözlenmektedir. Osmancık-97 çeşidi tüm dozlarda en iyi sürgün kuru ağırlıklarını hidropriming uygulaması yapılan bitkilerde vermiştir. Halilbey çeşidi 50 mg/L metal dozunda en iyi sonucu hidropriming uygulamasında verirken diğer tüm dozlarda Salisilik asit ön uygulamasında vermiştir. Kızıltan çeşidinde ise tüm dozlarda en yüksek sürgün kuru ağırlığı değerini salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitkiler vermiştir. Tüm çeşitlerin ve priming uygulamalarının 400 mg/L kadmiyum etkisi altındaki ortalamaları karşılaştırmalı olarak incelendiğinde Kızıltan ve Halilbey çeşitlerinde salisilik asit ön uygulamasının diğer ön uygulamalara göre sürgün kuru ağırlıklarını önemli derecede artırdığı görülmüştür.

Çizelge 4. 39. Çeltikte çeşit x Priming interaksyonunda belirlenen sürgün kuru ağırlıklarına ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	13,79 - <b>e</b>	0.00 - <b>g</b>	9.73 - <b>f</b>
<b>Hailbey</b>	22.34 - <b>b</b>	0.00 - <b>g</b>	22,66 - <b>b</b>
<b>Kızıltan</b>	21,59 - <b>c</b>	16.1 - <b>d</b>	24.44 - <b>a</b>
<b>LSD</b>	0.325		

Çizelge 4.39.' da görüldüğü gibi çeltikte, çeşit x priming interaksyonu kök kuru ağırlıkları üzerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. Osmancık-97 çeşidi 13.79 mg/10 bitki sürgün kuru ağırlığı ile en yüksek değeri Hidropriming uygulamasında verirken, Kızıltan çeşidi 24.44 mg/10 bitki sürgün kuru ağırlığı değeri ile Salisilik asit ön uygulamasında vermiştir. Halilbey çeşidinde ise Hidropriming ön uygulaması ve Salisilik asit ön uygulamasının sürgün gelişimi üzerine olan etkileri istatistik olarak birbirlerinden farksız bulunmuşlardır. Elde etmiş olduğumuz bu değerler sürgün gelişimi üzerine ön uygulamaların etkisinin çeşitlere göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Çizelge 4. 40. Çeltikte priming x kadmiyum dozu interaksyonunda belirlenen sürgün kuru ağırlıkları değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	21.58 - <b>e</b>	28.62 - <b>a</b>	24.07 - <b>c</b>	16.19 - <b>f</b>	5.73 - <b>j</b>
<b>KNO<sub>3</sub></b>	6.72 - <b>i</b>	8.24 - <b>h</b>	6.54 - <b>i</b>	5.29 - <b>k</b>	0.00 - <b>l</b>
<b>SA</b>	21.82 - <b>e</b>	25.12 - <b>b</b>	22.58 - <b>d</b>	15.89 - <b>f</b>	9.34 - <b>g</b>
<b>LSD</b>	0.419				

Ön uygulama x Kadmiyum dozu ikili interaksyonunun sürgün kuru ağırlıkları yönünden önemli farklılıklara neden olduğu görülmektedir. Uygulanan tüm Kadmiyum dozları için en düşük sürgün kuru ağırlıkları Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>) ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitkilerde kaydedilmiştir. Kadmiyum ağır metalinin 200 mg/L ve 400 mg/L haricindeki tüm dozlarında en iyi değerleri Hidropriming uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitkiler verirken, 200 mg/L dozunda hidropriming ön uygulaması ve salisilik asit ön uygulamasının sürgün kuru ağırlıkları üzerindeki etkisi istatistik olarak birbirlerinden farksız bulunmuştur. Uygulanan kadmiyum dozu 400 mg/L ' ye çıkarıldığında ise en iyi sürgün kuru ağırlığı değerini Salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan oluşan bitkiler vermiştir. Sonuç olarak

çeltikte sürgün gelişimi yönünden, düşük dozlardaki (50, 100 mg/L) kadmiyum varlığında en iyi ön uygulamanın hidropriming olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yüksek dozdaki (400 mg/L) kadmiyumun sürgün gelişimi üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasında denemede kullanılan diğer priming uygulamalarına kıyasla salisilik asit ön uygulamasının daha etkin olduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.40.).

#### 4.11. Kök Kadmiyum (Cd) İçeriği (ppm)

Farklı çeltik çeşitlerinde farklı priming uygulamalarının kadmiyum ağır metali dozlarında (0, 50, 100, 200, 400 mg/L) belirlenen kök kadmiyum içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.41’de görüldüğü gibi, çeşitler, priming uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksiyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş, ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.42’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 41. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, kök kadmiyum içeriklerine etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler Ort.	F değeri
Çeşit(Faktör A)	2	1095.27	718.92**
Priming Uyg.(Faktör B)	2	4069.63	2671.26**
Çeşit x Priming uyg.(AB)	4	1330.84	873.56 **
Kadmiyum dozu(Faktör C)	4	17204.62	11292.92**
Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)	8	219.70	144.21**
Priming uyg. x Cd. dozu(BC)	8	1579.78	1036.95**
Çeşit x P. Uyg x Cd. Dozu(ABC)	16	462,82	303.79**
Hata	135	1.52	
Genel	179		
CV		7.30	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Yetiştirme ortamlarında bulunan kadmiyum ağır metalini bitki bünyesine almaları yönünden, çeltik çeşitleri arasında önemli farklılıklar görülmüştür. Denemede kullanılan çeşitlerin kök kısımlarından yapılan kadmiyum analizlerinde çeşitlere göre ortalamalar 21.83 ppm ile 14.28 ppm arasında değişmektedir. Farklı çeltik çeşitlerinin kök kısımlarından yapılmış olan kadmiyum analizlerinin birbirinden önemli derecede farklı

çıkması bitki bünyesine alınıp ve köklerde tutulan kadmiyum miktarının çeşitlere göre önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.42.).

Çizelge 4. 42. Farklı çeltikçeşitlerinde, priming ve kadmiyum ağır metali dozlarının kök kadmiyum (Cd) içeriklerine etkisine ait ortalama değerler tablosu ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort.</b>	<b>Çeşit Ort.</b>
<b>Osmancık -97</b>	0	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - g	14.28 B
	50	13.76 - n	0.00 - p	12.75 - n	8,84 - f	
	100	26.96 - ı	0.00 - p	18.73 - l	15.23 - e	
	200	79.79 - b	0.00 - p	62.23 - e	47.34 - b	
	400	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - g	
<b>Halilbey</b>	0	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - g	15.59 B
	50	13.68 - n	0.00 - p	10.78 - o	8.15 - f	
	100	28.77 - h	0.00 - p	22.13 - k	16.97 - d	
	200	81.40 - a	0.00 - p	62.12 - e	47.84 - b	
	400	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - g	
<b>Kızıltan</b>	0	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - g	21.83 A
	50	18.74 - l	16.49 - m	13.31 - n	16.18 - de	
	100	29.37 - h	35.00 - g	24.43 - j	29.60 - c	
	200	68.44 - c	67.02 - d	54.69 - f	63.38 - a	
	400	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - p	0.00 - g	
<b>Priming Ort.</b>		24.06 A	7.90 C	18.74 B		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	0.00 D	11.05 C	20.59 B	52.85 A	0.00 D	
<b>LSD</b>	<b>Çeşit Lsd: 1.993</b>		<b>Priming Lsd: 1.993</b>		<b>Doz Lsd: 0.575</b>	
	<b>Çeşit x Doz Lsd: 0.996</b>		<b>Çeşit x Priming x Doz Lsd: 1.151</b>			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistikse olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.42 de görüldüğü gibi kadmiyum dozu ortalamaları bitki kök kadmiyum içeriklerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. Kadmiyum ağır metalinin farklı dozlarının (kontrol, 50, 100, 200, 400 mg/L) bulunduğu yetiştirme ortamından elde edilen bitkilerin kök kısımlarında yapılan kadmiyum analizinde uygulanan kadmiyum dozu arttıkça köklerde biriken kadmiyum miktarının arttığı tespit edilmiştir. Bitkilere uygulanan kadmiyum dozu 50 mg/L dozundan 100 mg/L ye çıkarıldığında köklerde biriken kadmiyum miktarı yaklaşık olarak 2 kat artarken, uygulanan doz 200 mg/L ye çıkarıldığında 100 mg/L uygulanan bitkilere göre köklerde biriken miktarın 2,5 katından daha fazla olduğu tespit edilmiştir. 400 mg/L uygulanan tekerrürler de yeterli



sayıda ve miktarda kök oluşumu olmadığından kök kadmiyum içerikleri analiz edilememiştir.

Çeşit x kadmiyum dozu interaksiyonunda tüm çeşitlerde uygulanan kadmiyum dozu arttıkça kök kısımlarında biriken ağır metal miktarı artmıştır. Ayrıca tüm çeşitler, farklı kadmiyum dozlarında kök kadmiyum içerikleri açısından farklı tepkiler sergilemiştir (Çizelge 4.42.).

Çizelge 4. 43. Çeltikte, çeşit x priming interaksiyonunun belirlenen kök kadmiyum (Cd) içeriklerine ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	24.10 - <b>ab</b>	0.00 - <b>e</b>	18.74 - <b>d</b>
<b>Hailbey</b>	24.77 - <b>a</b>	0.00 - <b>e</b>	19.01 - <b>d</b>
<b>Kızıltan</b>	23.31 - <b>c</b>	23.70 - <b>bc</b>	18.48 - <b>d</b>
<b>LSD</b>		0.771	

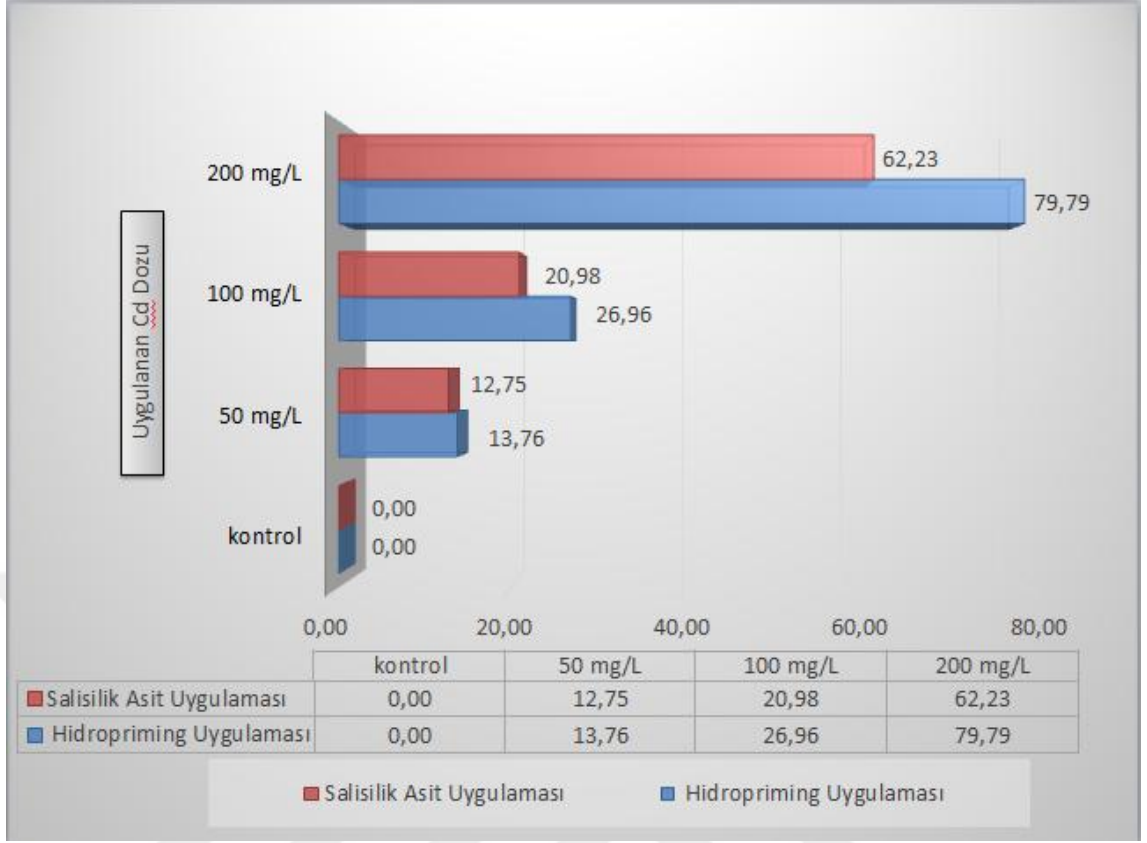
Çeltik çeşitlerinde priming uygulamaları kök kadmiyum içerikleri açısından önemli farklılıklara sebep olmuştur. Salisilik asit ön uygulaması yapılan tüm çeşitlere ait kök kadmiyum içerikleri denemede kullanılan diğer ön uygulamalara tabi tutulan bitkilerin kök kadmiyum içeriklerine göre daha düşük seviyelerde seyretmektedir. Kızıltan çeşidi için Hidropriming, Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>), ve Salisilik asit (SA) ön uygulamaları için kök kadmiyum içerikleri sırası ile 23.31, 23.70, 18.48 ppm dir. Tespit edilen bu değerlere göre Hidropriming ve KNO<sub>3</sub> ön uygulamasına tabi tutulan bitki köklerinin kadmiyum içerikleri birbirlerine yakın seviyelerde seyretmektedir. Salisilik asit uygulaması yapılan bitki köklerinin kadmiyum içerikleri ise diğer iki ön uygulamaya göre önemli seviyede düşük çıkmıştır. Yapılan analizlerde kök kadmiyum içeriklerinin Osmancık-97 ve Halilbey çeşitleri içinde aynı şekilde olduğu görülmektedir. Salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan oluşan bitkilerin kök kısımlarından tespit edilen kadmiyum miktarı Hidropriming ön uygulaması yapılanlara oranla önemli seviyede düşük seviyelerde çıkmıştır. KNO<sub>3</sub> ön uygulamasında ise Kızıltan çeşidi haricindeki çeşitlerde yeterli miktarda çimlenme ve fide gelişimi olmadığından kök kadmiyum içerikleri yönünden değerlendirmeye alınamamıştır. Sonuç olarak Salisilik Asit ön uygulamasının, denemede kullanılan diğer ön uygulamalara kıyasla yetiştirme ortamında bulunan kadmiyumun bitki bünyesine alınmasına karşı bir etkinlik gösterdiği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.43.).

Çizelge 4. 44. Çeltikte, priming x kadmiyum dozları interaksiyonunda belirlenen kök kadmiyum (Cd) içerikleri değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	0.00 - <b>h</b>	15.39 - <b>e</b>	28.37 - <b>c</b>	76.54 - <b>a</b>	0.00 - <b>h</b>
<b>KNO<sub>3</sub></b>	0.00 - <b>h</b>	5.50 - <b>g</b>	11.67 - <b>f</b>	22.34 - <b>d</b>	0.00 - <b>h</b>
<b>SA</b>	0.00 - <b>h</b>	12.28 - <b>f</b>	21.76 - <b>d</b>	59.68 - <b>b</b>	0.00 - <b>h</b>
<b>LSD</b>	0.996				

Priming x Kadmiyum dozları interaksiyonunda kök kadmiyum içerikleri değerlendirildiğinde bu ikili etkileşimin önemli farklılıklar oluşturduğu görülmektedir. Tüm priming uygulamalarında, uygulanan kadmiyum dozu arttıkça kök kadmiyum içeriği de artmaktadır. Ancak hidropriming ve salisilik asit ön uygulamasının tüm dozlardaki kök kadmiyum içerikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde salisilik asit ön uygulamasına tabi tutulan tohumlardan elde edilen bitkilerin tüm metal dozlarında kök kadmiyum içerikleri daha düşük seviyelerde seyretmektedir. Bu duruma ek olarak salisilik asit ve hidropriming uygulamalarının kök kadmiyum içeriklerindeki meydana getirdiği fark uygulanan ağır metal dozu arttıkça artmaktadır. Bu değerler salisilik asit ön uygulamasının köklerde tutulan kadmiyum miktarını azalttığını ve denemede kullanılan diğer ön uygulamalara göre ortamda bulunan kadmiyum dozu arttıkça etkinliğini artırdığını ortaya koymuştur. KNO<sub>3</sub> ön uygulamasında ise Kızıltan çeşidi haricindeki çeşitlerde yeterli miktarda çimlenme ve fide gelişimi olmadığından kök kadmiyum içerikleri yönünden değerlendirmeye alınamamıştır (Çizelge 4.43.).

Yeterli miktarda ve sağlıklı bitki oluşumu gerçekleşen ve kadmiyum analizi yapılabilen tekerrürlerden elde edilen değerler kullanılarak oluşturulan Şekil 4.1., Şekil 4.2. ve Şekil 4.3 incelendiğinde; tüm çeşitlerde ve dozlarda en yüksek kadmiyum kök içeriği değerini hidropriming ön uygulamasına tabi tutulan tohumlardan elde edilen bitkiler verirken en düşük kadmiyum kök içeriğini ise salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitkiler vermiştir.

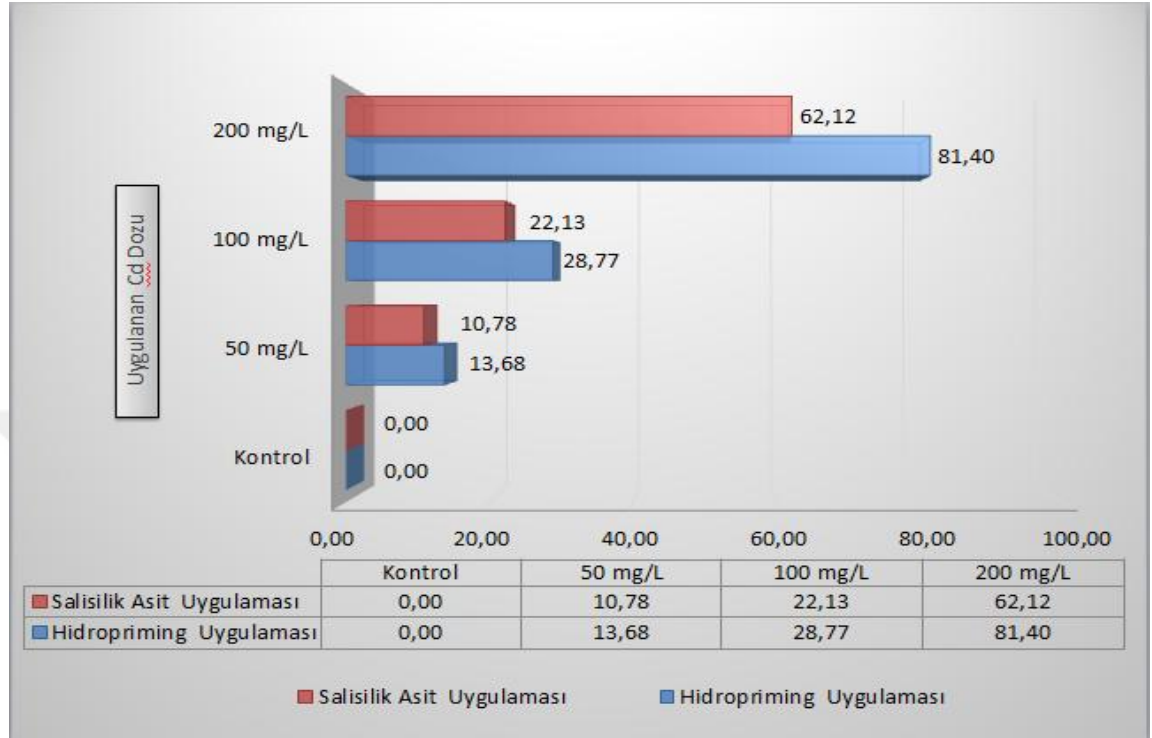


Şekil 4. 1. Osmancık-97 çeşidinde farklı priming uygulamalarının, kadmiyum ağır metali dozlarındaki kök kadmiyum içeriklerine etkisi.

Osmancık-97 çeşidi, tüm kadmiyum dozlarında (0, 50, 100, 200 mg/L) yapılan priming uygulamalarına göre karşılaştırıldığında; salisilik asit uygulaması yapılan bitkilerin hidropriming uygulaması yapılan bitkilere göre kök kadmiyum içerikleri düşük seviyelerde seyretmektedir. Uygulanan ağır metal dozu yükseldikçe hidropriming uygulanan bitkilerin kök kadmiyum içerikleri salisilik asit uygulanan bitkilerin kök kadmiyum içeriklerine oranla önemli seviyede artış göstermektedir (Şekil 4.1.). Yapılan araştırmada salisilik asit ön uygulamasının denemede kullanılan diğer ön uygulamalara kıyasla, yetiştirme ortamında bulunan kadmiyum ağır metalinin bitki köklerine alımını azalttığı belirlenmiştir.

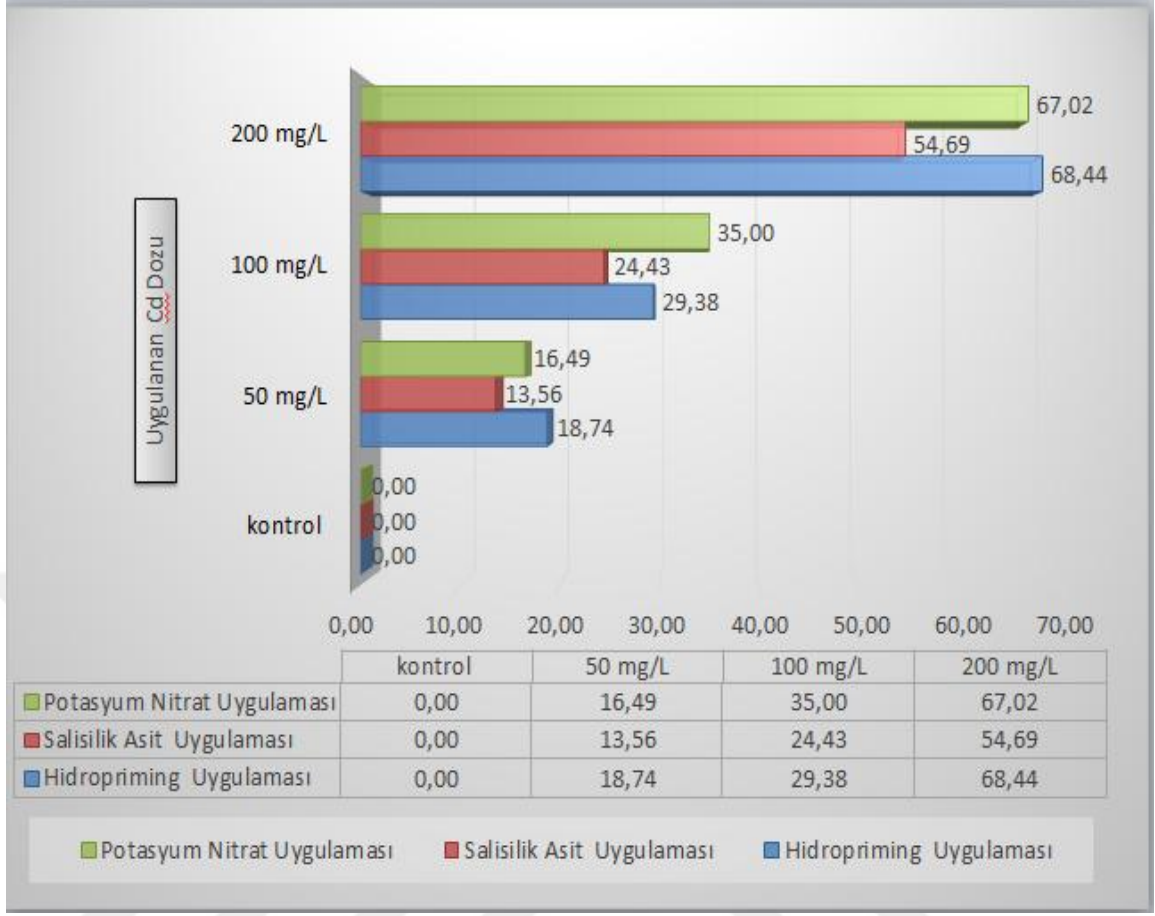
Çalışmalarımıza benzer olarak Shinwari ve ark. 2015 yılında Krom (Cr) stresi altında yetiştirilen çeltiğin çimlenme ve fide özellikleri üzerine salisilik asit (SA) ön uygulamasının etkilerinin belirlenmesi amacı ile yürüttükleri araştırmada, kromun çimlenme oranı, fide gücü, fide kuru ağırlığı gibi fizyolojik özelliklerde düşüşe neden olduğunu, ancak SA ile ön uygulamanın kroma karşı bir koruma sağladığını, ön

uygulama olarak SA uygulanan tohumlardan oluşan bitkilerin yapraklarındaki krom içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir.



Şekil 4.2. Halilbey çeşidinde farklı priming uygulamalarının, kadmiyum ağır metali dozlarındaki kök kadmiyum içeriklerine etkisi

Şekil 4.2. ye göre tüm kadmiyum dozlarında kök kadmiyum içeriği yönünden ön uygulamaların etkileri karşılaştırıldığında Halilbey çeşidi de Osmancık-97 çeşidine benzer şekilde sonuçlar vermiştir. Tüm dozlarda salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitkilerin kök kadmiyum içerikleri hidropriming ön uygulaması yapılanlara göre düşük seviyelerde seyretmektedir. Ayrıca uygulanan doz arttıkça köklerde biriken metal miktarı yönünden iki ön muamele arasındaki fark önemli derecede artış göstermektedir.



Şekil 4. 3. Kızıltan çeşidinde farklı priming uygulamalarının, kadmiyum dozlarındaki kök kadmiyum içeriklerine etkisi

Kızıltan çeşidi, farklı metal dozlarında ve farklı ön uygulamaların etkisi altında kök kadmiyum içerikleri açısından önemli farklılıklar sergilemiştir. Diğer çeşitlerle uyumlu olarak Kızıltan çeşidinde de tüm dozlarda en düşük kök kadmiyum içeriğini salisilik asit ön uygulamasına tabi tutulan tohumlardan elde edilen bitkiler vermiştir. Potasyum Nitrat ( $KNO_3$ ) ön uygulaması ile Hidropriming ön uygulaması kök kadmiyum içerikleri yönünden karşılaştırıldığında 200 mg/L dozunda bu iki ön uygulamanın önemli bir farkı olmadığı halde doz 100 mg/L ye düşürüldüğünde  $KNO_3$  ön uygulaması yapılmış olan bitkilerin kök kadmiyum içerikleri hidropriming uygulanan bitkilere göre önemli derecede yüksek çıkmıştır. Yine aynı ön uygulamaların 50 mg/L metal dozu etkisi altındaki tekerrürlerine bakıldığında hidropriming ön uygulaması yapılan bitkilerin kök metal içerikleri yönünden daha yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Çalışmalarımızla uyumlu olarak Espanany ve ark. (2016), Kadmiyum stresi altındaki çörekotu tohumlarında  $KNO_3$  ön uygulaması ile kök

uzunluğunda kontrole göre önemli artışlar olduğunu, ancak bitkinin fide gelişimi üzerine kadmiyumun olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasında salisilik asit ön muamelesinin daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca farklı bitkilerde farklı uyarıcıların farklı etkileri olduğunu ve ağır metallerin olumsuz etkilerini azaltmada farklı uyarıcılarla çalışmaların devam etmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

#### 4.12. Sürgün Kadmiyum (Cd) İçeriği (ppm)

Farklı çeltik çeşitlerinde farklı priming uygulamalarının kadmiyum ağır metali dozlarında (0, 50, 100, 200, 400 mg/L) belirlenen sürgün kadmiyum içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.45’de verilmiştir.

Çizelge 4. 45. Farklı çeltik çeşitlerinde priming uygulaması ve kadmiyum dozlarının, sürgün kadmiyum içeriklerine etkisine ilişkin Varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler Ort	F değeri
<b>Çeşit(Faktör A)</b>	2	2279.74	1679.97**
<b>Priming Uyg.(Faktör B)</b>	2	7611.66	5609.13**
<b>Çeşit x Priming uyg.(AB)</b>	4	132.93	97.96**
<b>Kadmiyum dozu(Faktör C)</b>	4	6976.45	5141.03**
<b>Çeşit x Kadmiyum dozu(AC)</b>	8	1959.33	1443.85**
<b>Priming uyg. x Cd. dozu(BC)</b>	8	1424.53	1049.75**
<b>Çeşit x P. Uyg x Cd. Dozu(ABC)</b>	16	921.67	679.19**
<b>Hata</b>	135	1.36	
<b>Genel</b>	179		
<b>CV</b>		6,65	

\*\* P<0.01 hata sınırları içerisinde önemli

Çizelge 4.45’de görüldüğü gibi, çeşitler, priming uygulamaları ve kadmiyum dozları ile aralarındaki tüm interaksiyonlar istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İstatistik açısından önemli bulunan değerler çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş, ortalamalar ve oluşan gruplar Çizelge. 4.46’ de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre yetiştirme ortamlarında bulunan kadmiyum ağır metalini bitki bünyesine almaları yönünden, çeltik çeşitleri arasında önemli farklılıklar görülmüştür. Denemede kullanılan çeşitlerin sürgün kısımlarından yapılan kadmiyum analizlerinde çeşitlere göre ortalamalar 24.33 ppm ile 12.33 ppm arasında

değişmektedir. Farklı çeltik çeşitlerinin sürgün kısımlarından yapılmış olan kadmiyum analizlerinin birbirinden önemli derecede farklı çıkması bitki bünyesine alınan kadmiyum miktarının çeşitlere göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.46.).

Hidropriming ve salisilik asit ön uygulamalarının sürgün kadmiyum içeriği üzerine etkileri yönünden karşılaştırma yapıldığında vermiş oldukları ortalama değerler sırasıyla 26.04, 21.74 ppm dir (Çizelge 4.42.). Bu değerler, Salisilik Asit ön uygulamasının hidropriming ön uygulamasına kıyasla sürgün kısmında biriken kadmiyum miktarının daha düşük seviyelerde tutulması yönünde etkilerinin olduğunu ortaya koymaktadır.

Potasyum Nitrat ( $KNO_3$ ) ön uygulamasında bazı çeşitlerde yeterli sağlıkta ve miktarda bitki oluşmadığından sürgün kadmiyum içeriği yönünden ön uygulama ortalamaları yorumlamaya alınamamıştır.

Farklı dozlardaki ağır metal uygulamalarının da belirlenen sürgün kadmiyum içerikleri yönünden önemli farklılıklar oluşturduğu görülmektedir. Uygulanan kadmiyum dozu yükseldikçe bitki sürgünlerinin kadmiyum içerikleri de önemli seviyede artış göstermiştir. 400 mg/L Kadmiyum uygulaması haricinde tüm uygulama dozlarında uygulanan doz ile çeltik sürgünlerinden tespit edilen kadmiyum miktarı arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. 400 mg/L metal uygulamasında çoğu tekerrür de sürgün gelişimi olmadığından gelişim olmayan bu tekerrürlerin sürgünlerinden tespit edilen kadmiyum miktarı istatistik hesaplama programına sıfır (0) olarak girilmiştir. Bu sebeple 400 mg/L uygulamasında tespit edilen kadmiyum miktarının istatistik ortalamaları 200 mg/l uygulanan tekerrürlerin ortalamalarına oranla tabloda düşük gözükmetedir. Ancak Çeşit x Doz x Ön uygulama interaksyonunda sürgün gelişimi olan çeşitlerin 400 mg/L dozundaki sürgünlerinden tespit edilen Kadmiyum miktarlarına bakıldığında bitkilere uygulanan doz ile sürgünlerden tespit edilen kadmiyum miktarı arasında pozitif korelasyon olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar denemede kullanılan çeşitlerin yetiştirme ortamında bulunan Kadmiyumun miktarına bağlı olarak bünyelerine alma ve biriktirme eğiliminde olduklarını ve bu durumun kadmiyumdan kaynaklı toksik etkinin ortaya çıkıp bitkinin hayatını sonlandıracağı zamana kadar devam edeceğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.46.).

Çizelge 4. 46. Farklı çeltikçeşitlerinde, priming ve kadmiyum ağır metali dozlarının sürgün kadmiyum (Cd) içeriklerine etkisine ait ortalama değerler tablosu ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Cd Dozu</b>	<b>Hidro priming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>Salisilik Asit</b>	<b>ÇeşitxDoz Ort.</b>	<b>Çeşit Ort.</b>
<b>Osmancık -97</b>	0	0.00 - t	0.00 - t	0.00 - t	0.00 - ı	12.33 C
	50	10.69 - pq	0.00 - t	9.73 - qr	6.81 - h	
	100	22.33 - l	0.00 - t	18.97 - m	13.77 - f	
	200	70.00 - c	0.00 - t	53.24 - e	41.08 - b	
	400	0.00 - t	0.00 - t	0.00 - t	0.00 - ı	
<b>Halilbey</b>	0	0.00 - t	0.00 - t	0.00 - t	0.00 - ı	15.87 B
	50	9.50 - rs	0.00 - t	8.48 - s	5.99 - h	
	100	22.62 - l	0.00 - t	17.39 - n	13.34 - fg	
	200	35.95 - h	0.00 - t	31.96 - j	22.64 - e	
	400	64.58 - d	0.00 - t	47.50 - f	37.36 - c	
<b>Kızıltan</b>	0	0.00 - t	0.00 - t	0.00 - t	0.00 - ı	24.33 A
	50	13.44 - o	11.42 - p	12.52 - o	12.46 - g	
	100	22.95 - l	25.05 - k	19.39 - m	22.47 - e	
	200	38.87 - g	34.62 - ı	31.01 - j	34.83 - d	
	400	79.63 - a	0.00 - t	75.99 - b	51.87 - a	
<b>Priming Ort.</b>		26.04 A	4.74 C	21.74 B		
<b>Cd. Dozu Ort.</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	
	0.00 E	8.42 D	16.53 C	32.85 A	29.74 B	
<b>LSD</b>	<b>Çeşit Lsd: 1.881</b>		<b>Priming Lsd: 1.88</b>		<b>Doz Lsd: 0.543</b>	
	<b>Çeşit x Doz Lsd: 0.940</b>		<b>Çeşit x Priming x Doz Lsd: 1.086</b>			

(\*) Aynı sütun içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistikse olarak birbirinden farklıdır.

(+) Aynı satır içerisinde farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çalışmalarımızla uyumlu olarak, Vural (1993), yürüttüğü çalışmada bitkilerin değişik kaynaklardan toprağa bulaşmış olan ağır metalleri konsantrasyonlarına bağlı olarak biriktirme eğiliminde olduğunu, kadmiyum, nikel, kurşun ve mikro besin elementleri gibi metallerin fazlalığının ise bitkilerde zehirli etki yaptığını bildirmiştir.

Çizelge 4. 47. Çeltikte, çeşit x ön uygulama interaksyonunda belirlenen sürgün kadmiyum (Cd) içeriklerine ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>Hydropriming</b>	<b>KNO<sub>3</sub></b>	<b>SA</b>
<b>Osmancık-97</b>	20.60 - d	0.00 - g	16.38 - c
<b>Hailbey</b>	26.53 - c	0.00 - g	21.07 - d
<b>Kızıltan</b>	30.98 - a	14.22 - f	22.78 - b
<b>LSD</b>	0.728		



Çeşit x ön uygulama interaksiyonunda sürgün kadmiyum içerikleri yönünden önemli farklılıklar görülmüştür. Tüm çeşitler için en düşük sürgün kadmiyum içerik değerleri salisilik asit uygulanan tohumlardan elde edilen bitkilerde tespit edilmiştir. (Çizelge 4.47.) Yapılan araştırma sonucunda denemede kullanılan çeltik çeşitleri için salisilik asit ön uygulamasının kadmiyumun bitki bünyesine alınmasını azaltıcı etki ettiği belirlenmiş ve kadmiyum kirliliği söz konusu olan yetiştirme ortamlarında salisilik asit ön uygulamasının kullanılabilirliği ortaya konmuştur.

Çalışmalarımıza benzer olarak Shinwari ve arkadaşları 2015 yılında yürüttükleri çalışmada krom stresi altında yetiştirilen çeltiğin çimlenme ve fide özellikleri üzerine salisilik asit (SA) ön uygulamasının etkilerinin belirlenmesi üzere yaptıkları çalışmada, kromun çimlenme oranı, fide gücü, fide kuru ağırlığı gibi fizyolojik özelliklerde düşüşe neden olduğunu, ancak Salisilik Asit (SA) ile ön uygulamanın krom meteline karşı bir koruma sağladığını, ön uygulama olarak Salisilik Asit (SA) uygulanan tohumlardan elde edilen bitkilerin yapraklarındaki krom içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir.

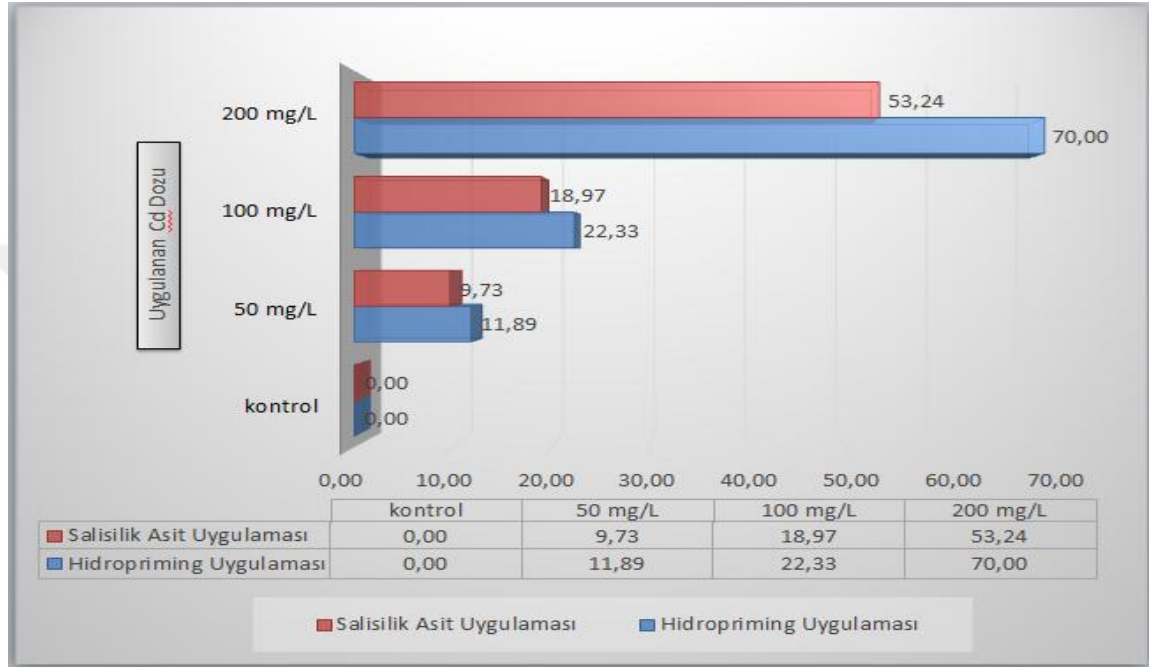
Çizelge 4.48.' de görüldüğü gibi Ön uygulama x Kadmiyum dozları ikili interaksiyonu sürgün kadmiyum içerikleri üzerinde önemli farklılıklara neden olmuştur. Tüm ön uygulamalarda uygulanan metal dozu arttıkça sürgünlerde tespit edilen kadmiyum miktarı artmıştır.

Çizelge 4. 48. Çeltikte, priming x kadmiyum dozları interaksiyonunda belirlenen sürgün kadmiyum (Cd) içeriklerine ait değerler ve LSD testine göre oluşan gruplar

	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>Hydropriming</b>	0.00 - <b>j</b>	11.21 - <b>f</b>	22.63 - <b>d</b>	48.27 - <b>a</b>	48.07 - <b>a</b>
<b>KNO<sub>3</sub></b>	0.00 - <b>j</b>	3.81 - <b>i</b>	8.35 - <b>h</b>	11.54 - <b>f</b>	0.00 - <b>j</b>
<b>SA</b>	0.00 - <b>j</b>	10.24 - <b>g</b>	18.58 - <b>e</b>	38.73 - <b>c</b>	41.16 - <b>b</b>
<b>LSD</b>	0.940				

Potasyum Nitrat (KNO<sub>3</sub>) ön uygulamasında bazı çeşitlerde yeterli sağlıkta ve miktarda bitki oluşmadığından sürgün kadmiyum içeriği yönünden ön uygulama ortalamaları yorumlamaya alınmamıştır. Ancak hidropriming ön uygulaması ile salisilik asit ön uygulaması karşılaştırıldığında tüm dozlarda salisilik asit uygulanan tohumlardan oluşan bitkilerin sürgün kadmiyum seviyeleri önemli derecede düşük

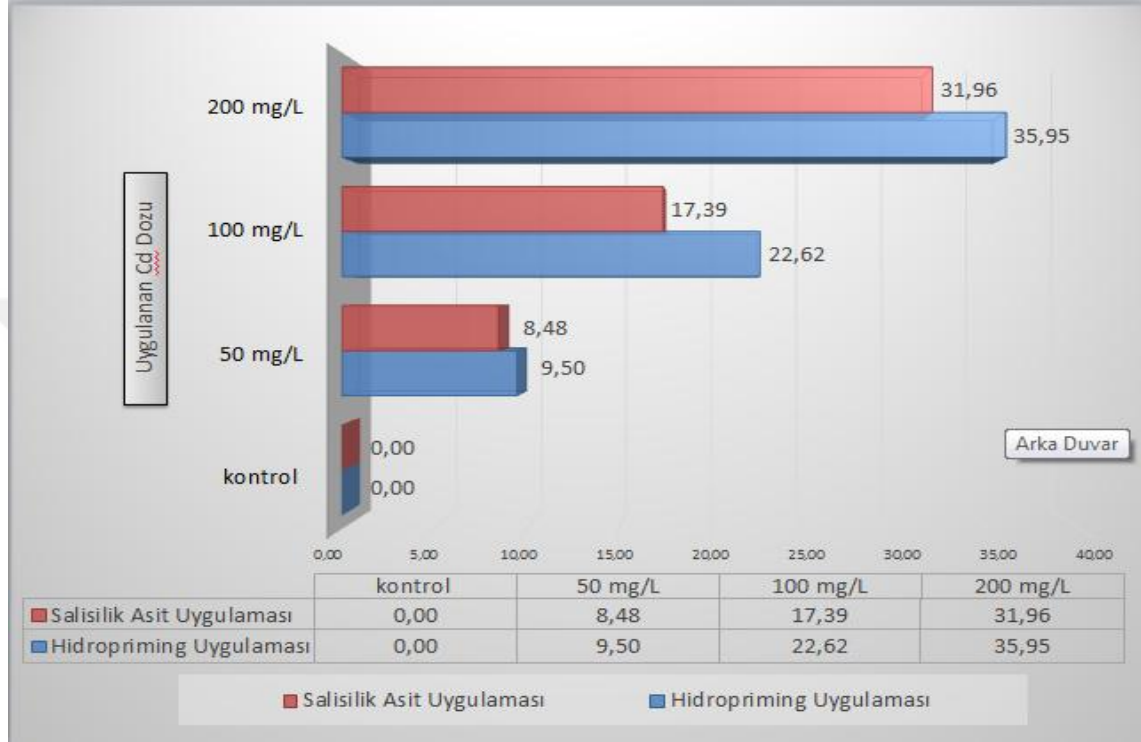
seyretmektedir ve uygulanan kadmiyum dozu arttıkça iki ön uygulama arasındaki fark açılarak devam etmektedir. Bu durum Salsilik asit ön uygulamasının Hidropriming ön uygulamasına göre çeltik bitkisinde yetiştirme ortamında bulunan kadmiyum metalinin bitki bünyesine alınmasına ve sürgünlere taşınmasına karşı bir etkinliğinin olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4. 4. Osmancık-97 çeşidinde farklı priming uygulamalarının, kadmiyum dozlarındaki kök kadmiyum içeriklerine etkisi

Kadmiyum stresi altındaki Osmancık-97 çeltik çeşidine uygulanmış olan ön muamelelerden Hidropriming ve Salisilik Asit karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde; tüm dozlar için salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan oluşan bitkilerin sürgünleri için tespit edilen kadmiyum içeriğinin daha düşük seviyelerde seyrettiği görülmektedir. Nitekim Salisilik asit ön uygulamasının sürgünlerde biriken kadmiyum ağır metali üzerine azaltıcı etki gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca Hidropriming ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitki sürgünlerinin ve salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitki sürgünlerinin uygulanan düşük dozlarda sürgün kadmiyum içeriği bakımından aralarındaki fark çok büyük değilken uygulanan doz arttıkça aradaki fark önemli derecede artış göstermektedir (Şekil 4.4).

Araştırmalarımızla uyumlu olarak Vural (1993), yürüttüğü çalışmada bitkilerin değişik kaynaklardan toprağa bulaşmış olan ağır metalleri konsantrasyonlarına bağlı olarak biriktirme eğiliminde olduğunu, kadmiyum, nikel, kurşun ve mikro besin elementleri gibi metallerin fazlalığının ise bitkilerde zehirli etki yaptığını bildirmiştir.

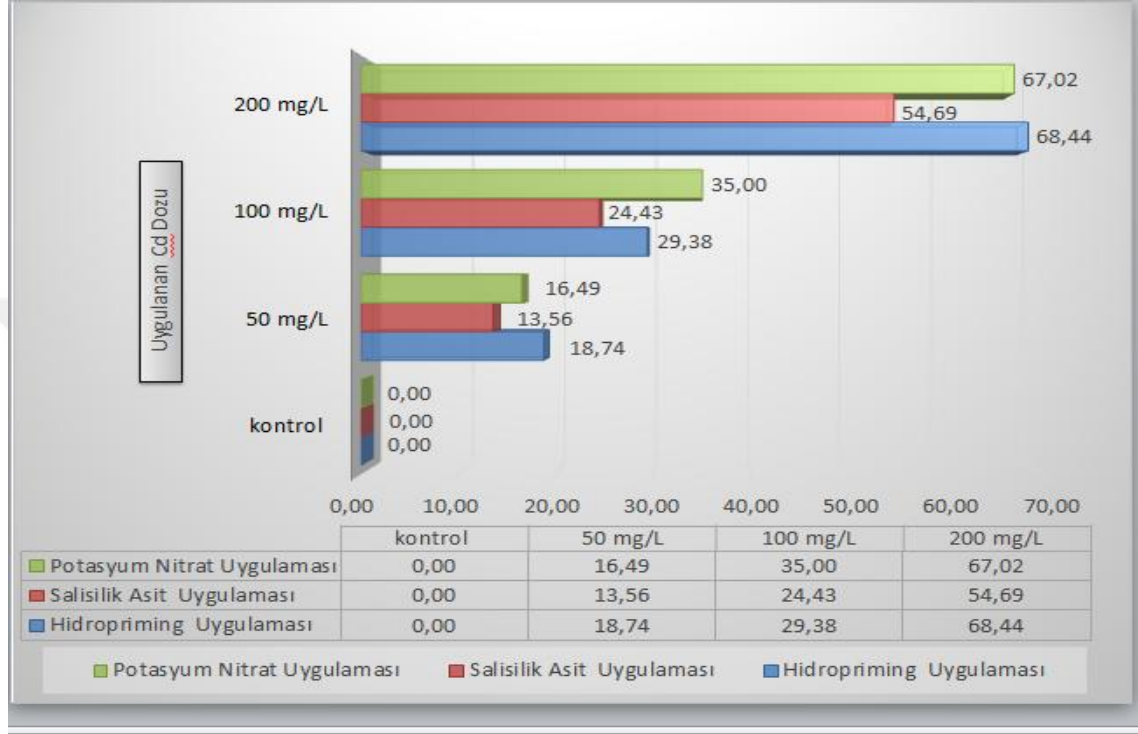


Şekil 4. 5. Halilbey çeşidinde farklı priming uygulamalarının, kadmiyum dozlarındaki kök kadmiyum içeriklerine etkisi

Farklı priming uygulamalarının, farklı kadmiyum dozlarındaki Halilbey çeşidinde sürgün kadmiyum içerikleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4.5’ te verilmiştir. Şekil de görüldüğü gibi düşük dozlardan itibaren bütün dozlarda uygulanan kadmiyum dozu arttıkça sürgünlerden tespit edilen kadmiyum miktarıda artış göstermektedir. Ayrıca Salisilik Asit uygulaması yapılan tohumlardan oluşan sürgünlerin kadmiyum içerikleri diğer ön uygulamalara göre düşük seviyelerde seyretmektedir. Bu durum diğer çeşitlerden aldığımız sonuçlarla uyumluluk göstermektedir.

Ayrıca çalışmalarımıza benzer olarak Shinwari ve arkadaşları 2015 yılında yürüttükleri çalışmada krom stresi altında yetiştirilen çeltiğin çimlenme ve fide özellikleri üzerine Salisilik asit (SA) ön uygulamasının etkilerinin belirlenmesi üzere yaptıkları çalışmada, kromun çimlenme oranı, fide gücü, fide kuru ağırlığı gibi

fizyolojik özelliklerde düşüşe neden olduğunu, ancak Salisilik Asit (SA) ile ön uygulamanın kroma karşı bir koruma sağladığını, ön uygulama olarak Salisilik Asit (SA) uygulanan tohumlardan elde edilen bitkilerin yapraklarında tespit edilen krom içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir.



Şekil 4. 6. Kızıltan çeşidinde, farklı Priming uygulamalarının, kadmiyum dozlarındaki sürgün kadmiyum içeriklerine etkisi

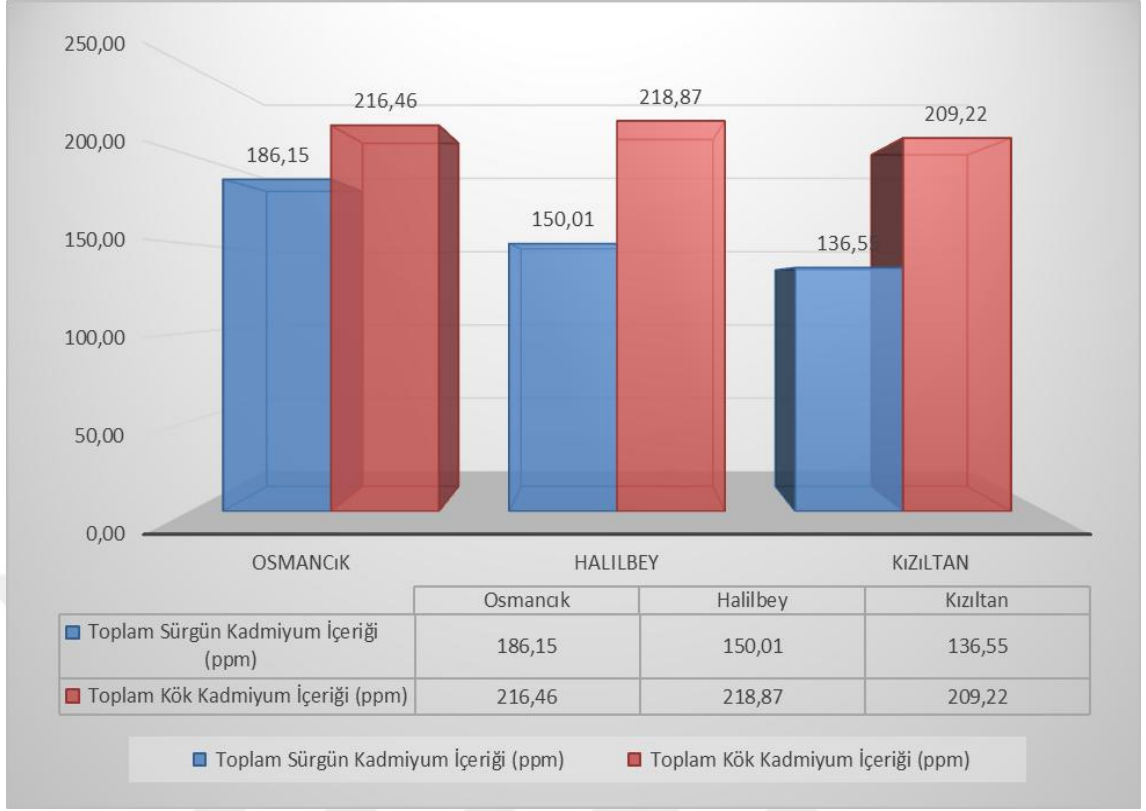
Kızıltan çeltik çeşidinin farklı ön uygulama ve farklı dozlardaki sürgün kadmiyum içerikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. 200 mg/L kadmiyum etkisi altındaki bitkilerin sürgünlerinden yapılan Cd analizinde tespit edilen değerler ortalaması hidropriming uygulaması yapılmış olan bitkilerde 38.87 ppm  $KNO_3$  uygulaması yapılan bitkilerde 34.62 ppm ve Salisilik asit uygulaması yapılan bitkilerde 30.51 ppm dir. Bu değerlere göre yüksek doz kadmiyum uygulamasında, sürgünlerden tespit edilen kadmiyum değerleri arasındaki fark istatistik olarak oldukça önemlidir. 50 mg/l metal uygulamasında ise hidropriming ve  $KNO_3$  ön muamelesi yapılan tohumlardan elde edilen bitki sürgünlerinin kadmiyum içerikleri istatistik olarak birbirlerinden farksız bulunmuştur. Tüm dozlarda en düşük kadmiyum içeriği değerini ise çalışmamızda kullandığımız diğer çeşitlerle de uyumlu olarak Salisilik asit ön

uygulamasý yapılan tohumlardan elde edilen bitkilerin sürgünleri vermiştir (şekil 4.6.) Sonuç olarak yaptığımız çalışmada salisilik asit ön uygulamasının, hidropriming ve KNO<sub>3</sub> ön uygulamalarına nispeten denemede kullanılan tüm çeltik çeşitlerinde bitki bünyesine alınan kadmiyum metalini azaltıcı etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

#### **4.13. Kök, Sürgün ve Çeşitlerin Kadmiyum İçeriklerinin Karşılaştırma olarak Değerlendirilmesi**

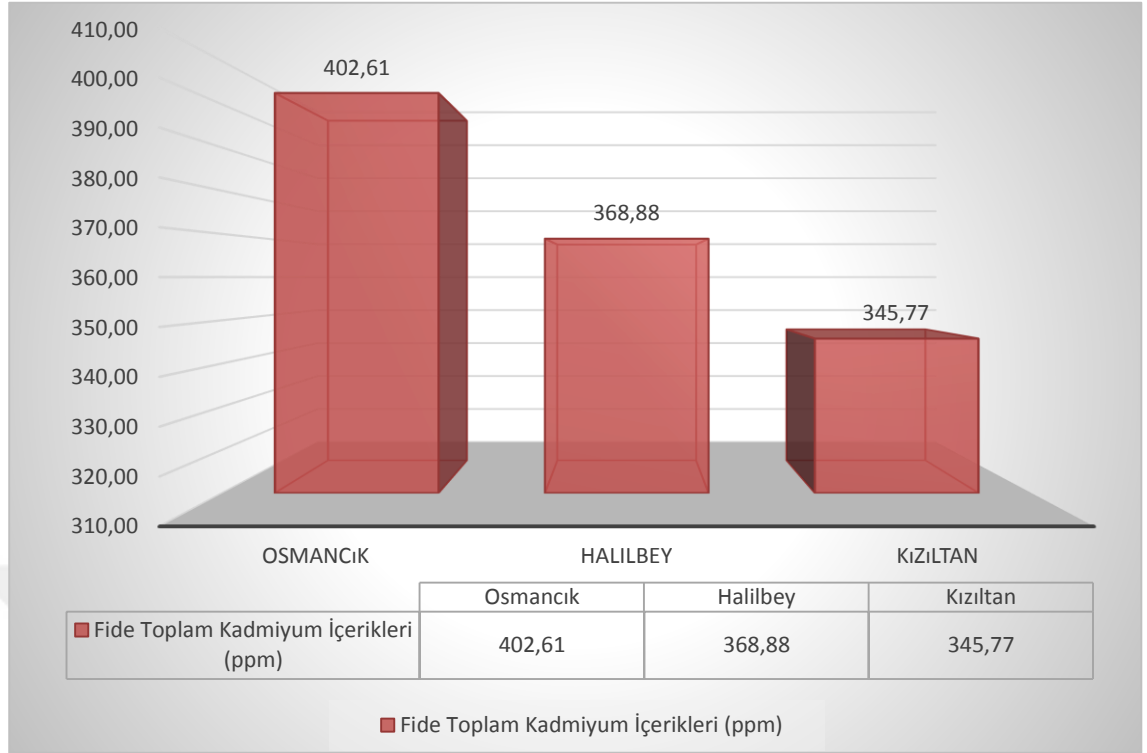
Yeterli miktarda ve sağlıkta bitki oluşumu gerçekteşen ve kadmiyum analizi yapılabilen tekerrürlerden elde edilen değerler kullanılarak oluşturulan şekil 4.7 ve şekil 4.8 incelendiğinde; elde edilen çeltik bitkisinin kök ve sürgünlerinde yapılan analizlerde kadmiyum içerikleri bakımından önemli farklılıklarının olduğu görülmüştür.

Denemede kullanılan Çeltik çeşitlerinin kök ve sürgünlerinde ayrı ayrı yapılan kadmiyum analizinden elde edilen veriler şekil 4.7. de verilmiştir. Denemede kullanılan tüm çeltik çeşitleri köklerinde ve sürgünlerinde tespit edilen toplam kadmiyum miktarı bakımından önemli farklılıklar sergilemiştir. En düşük sürgün ve kök kadmiyum içeriği (136.55 ppm/toplam sürgün, 209.22 ppm/toplam kök) Kızıltan çeşidinde tespit edilirken en yüksek sürgün kadmiyum içeriği ise (186.15 ppm/toplam sürgün) Osmancık-97 çeşidinde tespit edilmiştir. Kök kısımlarından tespit edilen kadmiyum içerikleri toplamı karşılaştırıldığında en yüksek kök kadmiyum içeriğini Halilbey çeşidi sergilemiştir (şekil 4.7).



Şekil 4. 7. Farklı çeltik çeşitlerinin kök ve sürgünlerinden tespit edilen toplam kadmiyum içeriklerinin karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi

Şekil 4.7. de görüldüğü gibi tüm çeşitlerin kök kısımlarından tespit edilen kadmiyum miktarı sürgünlerden tespit edilen kadmiyum miktarına oranla önemli derecede yüksek seviyelerde seyretmektedir. Tüm çeşitler için tespit edilen bu değerler, çeşitlerin kadmiyumu bünyelerine alma ile biriktirme özelliklerinin farklılık gösterdiğini ve yetişme ortamında bulunan Kadmiyumun bitki bünyesinde birikiminin sürgünlere oranla kök kısımlarında daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmalarımız ile uyumlu olarak Wang ve ark. (2004), farklı seviyede ağır metal ile bulaşık topraklarda yürüttükleri çalışma neticesinde, bitkilerin değişik aksamlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının kök > gövde > tohum > yaprak şeklinde sıralandığını, ağır metal alımlarında sıralamanın ise Zn,Cr>Cd,Cu>Pb şeklinde olduğunu belirlemişlerdir.



Şekil 4. 8. Farklı çeltik çeşitlerine ait fidelerden tespit edilen toplam kadmiyum içeriklerinin karşılaştırılması olarak değerlendirilmesi.

Çeltik çeşitlerine ait fidelerin toplam kadmiyum içerikleri değerlendirildiğinde çeşitler arasında önemli farklılıklar görülmüştür. Denemede kullanılan çeşitler içerisinde en düşük toplam kadmiyum içeriği 345.77 ppm değeri ile Kızıltan çeşidinde, en yüksek toplam kadmiyum içeriği ise 402.61 ppm değeri ile Osmancık-97 çeşidinde tespit edilmiştir. Sonuç olarak Osmancık-97 çeşidinin bünyesinde tespit edilen yüksek kadmiyum miktarı bitki bünyesine daha fazla kadmiyum alındığını ve biriktirildiğini göstermektedir. Bu özelliği itibarıyla Osmancık-97 çeşidinin denemede kullanılan diğer çeşitlere oranla daha fazla biyoakümülatör özellik sergilediği belirlenmiştir (Şekil 4.8.). Nitekim çalışmamıza uyumlu olarak Guo-Yan ve ark., (1995), Kadmiyumu absorbe etme, bünyelerinde biriktirme ve tolere etme yönünden hem bitki türleri hem de aynı türün farklı genotipleri arasında büyük farklılıklar görüldüğünü bildirmişlerdir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma sonuçları genel olarak, düşük dozardaki kadmiyum uygulamasının denemede kullanılan bütün çeltik çeşitlerinde (Osmancık-97, Halilbey, Kızıltan) çimlenme ve fide gelişimini olumlu yönde etkilediğini ancak yüksek dozlardaki kadmiyum ağır metalinin ise çimlenme ve fide gelişimi özellikleri üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur. Öte yandan farklı dozlardaki kadmiyum uygulamaları karşısında tüm çeşitlerin verdiği tepkiler önemli derecede farklılık göstermiştir.

Düşük dozda (50 mg/L) uygulanan kadmiyum ağır metalinin, çimlenme oranlarını artırdığı tespit edilirken, düşük doz (50 mg/L) kadmiyum uygulaması haricindeki artırılan dozların (100, 200, 400 mg/L) tamamında çimlenme oranlarında doğrusal bir düşüş saptanmıştır. Öte yandan artan kadmiyum dozları tüm çeşitlerde çimlenme indekslerini ve çimlenme sürelerindeki olumsuz yönde etkilemiştir. Bu olumsuz etkilerin azaltılmasında Osmancık-97 çeşidi için Salisilik asit ön uygulaması etkili olurken Halilbey ve Kızıltan çeşitleri için ise Hidropriming ön uygulamasının etkili olduğu saptanmıştır.

Denemeye alınan priming uygulamalarının da, çeşitlere ve uygulanan kadmiyum dozuna bağlı olarak önemli farklılıklara neden olduğu tespit edilmiştir. Priming uygulamaları sonucunda en yüksek çimlenme oranı hidropriming uygulamasında gözlemlenirken en düşük çimlenme oranı Potasyum Nitrat ( $KNO_3$ ) ön uygulamasında belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan çeşitler için çimlenme açısından en uygun ön muamelenin hidropriming ön uygulaması olduğu sonucuna varılmıştır. Potasyum Nitrat ( $KNO_3$ )' in ise kullandığımız tüm çeltik çeşitleri (Osmancık-97, Halilbey, Kızıltan) için olumsuz etkisi belirlenmiş, bunun derişim ve uygulama süresi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Denemede kullanılan tüm çeşitlerde, yüksek doz Kadmiyum uygulamalarının çimlenme üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu ancak bu olumsuz etkinin çimlenme özelliklerine kıyasla fide dönemlerinde daha şiddetli olduğu ve fide özellikleri üzerinde daha baskılayıcı etki gösterdiği sonucuna varılmıştır. Kadmiyum ağır metalinin 100 mg/L üzerindeki derişimlerinin denemede kullanılan tüm çeşitler için fide gelişimini



önemli derecede olumsuz etkilediğini ve dozun 400 mg/L ye çıkarılması ile fidelerde gelişimi tamamen durdurduğu hatta fidelerin ölümlerine sebep olduğu görülmüştür.

Çeltik bitkisinde metal dozları ve ön uygulamaların kök uzunlukları üzerinde önemli farklılıklara sebep olduğu görülmüştür. Metal dozu ortalamalarına bakıldığında en yüksek kök uzunluğu değerini 50 mg/L ağır metal etkisi altındaki bitkiler vermiştir. 50 ve 100 mg/L dozlarında kök uzunlukları kontrole göre artış göstermiş 100 mg/L' den sonraki artırılan kadmiyum dozları karşısında ise kök uzunlukları değerlerinde düzenli olarak düşüşler kaydedilmiştir. Uygulanan kadmiyum dozu 400 mg/L çıkarıldığında ise kök oluşumu tamamen durmuştur. Dolayısıyla kontrole göre karşılaştırma yapıldığında, çeltik bitkisi için kök gelişimi kadmiyum' un 100 mg/L den yüksek olan dozlarında baskılanmaya başlayıp, dozun 200 mg/L den yüksek noktalarında ise kök oluşumunun tamamen durduğu belirlenmiştir. Ön uygulamaların, tüm metal dozlarında kök uzunlukları yönünden karşılaştırılmasında ise, kadmiyum uygulamasının 400 mg/L dozu haricindeki tüm dozlarında (50, 100, 200 mg/L) Salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edilen bitkilerin kök uzunlukları diğer ön uygulamaların yapıldığı tohumlardan elde edilen bitkilerin kök uzunluklarına göre daha olumlu sonuçlar vermiştir. Salisilik asit ön uygulamasının, denemede kullanılan diğer ön uygulamalara göre kadmiyum kaynaklı kök gelişiminin baskılanması durumunu bertaraf etme yönünden kullanılabilirliğinin daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Sürgün uzunlukları açısından Priming ortalamaları Hidropriming,  $KNO_3$  ve Salisilik Asit için sırasıyla 32.60 mm, 9.38 mm, 30.62 mm dir. En iyi sürgün uzunluğu değerini 32.60 mm ortalama ile hidropriming ön uygulaması yapılan tohumlar vermiştir. Bu sonuçlar denemede kullanılan çeşitler için hidropriming ön uygulamasının sürgün gelişimini artırdığı dolayısı ile sürgün gelişimi açısından iyi bir uyarıcı olduğunu göstermiştir.

Kadmiyum uygulamalarında köklerde görülen benzer etki sürgünlerde de görülmüştür. Düşük doz uygulamalarında sürgün gelişimi artarken uygulanan dozun 100 mg/L' nin üzerine çıkarılması ile sürgün uzunluklarında, sürgün yaş ağırlıklarında ve sürgün kuru ağırlıklarında ciddi düşüşler meydana gelmiştir. Aynı zamanda yüksek doz metal uygulamalarında çeşitlere göre sürgün gelişimlerinde de önemli farklılıklar görülmüştür. 400 mg/L kadmiyum uygulaması Kızıltan ve Halilbey çeşitlerinde sürgün uzunluklarını önemli seviyede düşürürken Osmancık-97 çeşidinin ise sürgün gelişimini

tamamen durdurmuştur. Bu durum yüksek doz kadmiyum etkisi altındaki farklı genotiplerin verecekleri tepkinin farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Kök ve sürgünlerde yapılan kadmiyum içeriği analizinde sonuçlar; çeşitlere, yapılan ön uygulamalara ve uygulanan metal dozuna göre önemli farklılıklar sergilemiştir. Tüm çeşitlerde ve ön uygulamalarda uygulanan metal dozu ile bitki bünyesinden tespit edilen kadmiyum miktarları arasında pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kök kısımlarından tespit edilen kadmiyum miktarları sürgünlerden tespit edilen kadmiyum miktarına oranla önemli seviyede yüksek çıkmıştır.

Çeşitlere göre fidelerden tespit edilen toplam kadmiyum miktarları Osmancık-97, Halilbey ve Kızıltan çeşitleri için sırasıyla 402,61 ppm, 368,88 ppm ve 345,77 ppm dir. Bu sonuçlar, yetiştirme ortamında bulunan kadmiyum metalinin bitki bünyesine alınması yönünden çeşitlerin önemli farklılıklara neden olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışmamızda Osmancık-97 çeşidinin denemede kullanılan diğer çeltik çeşitlerine göre kadmiyum etkisi altındaki gelişiminin daha az olmasına rağmen bünyesine aldığı ve dokularında biriktirdiği kadmiyum seviyesinin önemli derecede yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu özelliği ile Osmancık-97 çeşidinin denemede kullanılan diğer çeşitlere kıyasla daha fazla biyoakümülatör özellik gösterdiği saptanmıştır.

Ön uygulamaların bitki bünyesine alınan kadmiyum miktarı karşısında gösterdikleri tepkiyi anlamak amacıyla ön uygulama yapılan bitkilerin kök ve sürgünlerinde ayrı ayrı kadmiyum tayini yapılmış, Salisilik asit ön uygulaması yapılan tohumlardan oluşan bitkilerin kök ve sürgünlerinde tespit edilen kadmiyum miktarının diğer ön uygulamalara oranla önemli derecede düşük seviyelerde seyrettiği gözlemlenmiştir. Bu durum Salisilik asit ön uygulamasının, kadmiyum metalinin bitki bünyesine alınmasına karşı bir etki gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak bir değerlendirme yaptığımızda belirli bir doz üzerindeki kadmiyumun tüm çeşitler için çimlenme ve fide gelişimi üzerine olumsuz etkilerinin olduğunu ve bu olumsuz etkilerin farklı genotiplere spesifik olduğu sonucuna varılmıştır. Priming uygulamalarından hidropriming uygulamasının denemede kullanılan çeşitlerin gelişimi açısından daha elverişli olduğu ancak, Salisilik asit ön uygulamasının ise kadmiyum ile bulaşık alanlarda, yetiştirilen çeşitlerin bünyesine alınan ve biriktirilen kadmiyumun azaltılması açısından daha etkin olarak kullanılabileceği söylenebilir.

Denemede kullanılan çeşitlerden Kadmiyum kaynaklı zarara karşı en dayanıklı çeşidin Kızıltan çeşidi olduğu belirlenmiştir.

Bitki köklerindeki tespit edilen kadmiyum içeriğinin fidenin kadmiyum içeriğinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Salisilik Asit (SA) ile priming uygulaması, fidenin kök ve sürgünlerinde tespit edilen kadmiyumda bir azalmaya neden olmuştur. Salisilik asit ile priming uygulamasının, çeltikte Cd kaynaklı etkileri azalttığı sonucuna varılmıştır.



## KAYNAKLAR

- Ahonen-Jonnarth, U., Finlay, R. D. (2001). Effects of elevated nickel and cadmium concentrations on growth and nutrient uptake of mycorrhizal and non-mycorrhizal *Pinus sylvestris* seedlings. **Plant and Soil**, 236(2), 129-138.
- Akar M., 2017. Uyarıcı Uygulamaların Ağır Metal Stresine Maruz Bırakılan Bazı Çok Yıllık Buğdaygil Çim Türlerinin Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı** Yüksek Lisans Tezi Şubat-2017 Hatay
- Akar, M., Atış, İ., 2018. Priming Uygulamalarının Kadmiyum ve Nikel Stresine Maruz Bırakılan Kırmızı Yumağın Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi **Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi** 9 (1): 26-36
- Akıncı, İ.E. ve Çalışkan, Ü., 2010. Kurşunun Bazı Yazlık Sebzelede Tohum Çimlenmesi ve Tolerans Düzeyleri Üzerine Etkisi. **Ekoloji** 19, 74, 164-172.
- Akıncı, S. ve Akıncı, İ.E. 2011. Nikelin ıspanakta (*Spinacia oleracea*) çimlenme ve bazı fide büyüme parametreleri üzerine etkisi. **Ekoloji**, 20(79): 69-76
- Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erzurum, **Alın Teri Dergisi** 17 (B) – 2009 14-26 ISSN:1307-3311
- Anonim, 2018. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımda Kullanılan Organik, Mineral Ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair 30341 sayılı Yönetmelik. URL (erişim tarihi: 07.09.2019)
- Aslan, H., ve Atış, İ., Bazı Yaygın Mürdümük Çeşitlerinde Kuraklık Stresinin Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkisi. **Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 23(2), 218-231.
- Ayhan, B., Ekmekçi. Y., Tanyolaç, D., 2007. Erken Fide Evresindeki Bazı Mısır Çeşitlerinin Ağır Metal (Kadmiyum ve Kurşun) Stresine Karşı Dayanıklılığının Araştırılması **Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi** Cilt/Vol.:8-Sayı/No: 2 : 411-422
- Brohi, A., Akgün, A., Rüştü M. ve Sabit K.E., 1994. **Bitki Besleme**. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:4 Kitaplar Serisi:4 Tokat.
- Chitra, K., Sharavanan, S., Vijayaragavan, M., 2011. Tobacco, corn and wheat for phytoremediation of cadmium polluted soil. **Resent Research in Science Technology**,3 (2): 148-151.
- Claire, L.C., Adriano D.C., Sajwan K.S., Abel S.L., Thoma, D.P. and Driver J.T., 1991. Effects of selected trace metals on germinating seeds of six plant species. **Water,Air,and Soil Pollution**, 59,.231-240 pp.

- Çarpıcı, E. B., Celik, N., Bayram, G., (2009). Effects of salt stress on germination of some maize (*Zea mays* L.) cultivars. **African Journal of Biotechnology**, 8(19).
- Doğan. M., Çolak. U., 2009. *Triticum aestivum* L. cv. Tosunbey'e Uygulanan Kurşunun Bazı Fizyolojik Özelliklere Etkisi. **Ekoloji Dergisi** 19, 73, 98 -104, (2009)
- Doğaroğlu. Z. G., 2018. Kadmiyum, Kurşun, ve Çinko Metallerinin Marul Tohumlarının Çimlenme Özellikleri Üzerine Etkisi. **Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi**, Cilt 23, Sayı 2, 2018
- Düzgüneş, O., Kesici, T. Kavuncu, O. ve Gürbüz, F., 1987. **Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları II)** A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No:1021, Ders Kitabı: 295, Ankara.
- Erbaş Köse. Ö. D., Kardeş Y. M., Karaer. M., Mut. Z., 2019. Yeşil Mercimek (*Lens culinaris* Medik.) Çeşitlerinde Farklı Priming Uygulamalarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri Bilecik **Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi** 6.Cilt-Prof. Dr. Fuat SEZGİN Bilim Yılı Özel Sayısı247-255, 2019
- Erdem ve ark., 2016, Alüminyum ve Kadmiyum Metallerinin Mısır ve Mercimek Tohumlarının Çimlenmesine Etkileri **Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi** 11 (1):132-140, 2016
- Erdoğan, O., 2005. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) fidelerinde nikel toksitesinin humik asit ile azaltılması üzerine bir araştırma. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim **Dah Yüksek Lisans** Tezi, 36 s.
- 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
- Espanany, A., Fallah, S., Tadayyon, A., 2016. Seed priming improves seed germination and reduces oxidative stress in black cumin (*Nigella sativa* ) in presence of cadmium **Industrial Crops and Products**, 79: 195–204.
- Fernandes, J.C. and Henriques F.S., 1991. Biochemical, physiological and structural effects of excess copper in plants. **The Botanical Review**, 57, 246-273 pp.
- Gautam, S. and Singh, P.K., 2009. Salicylic acid-induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. **Acta Physiologia Plantarum**, 31,1185–1190.
- Gezinci, İ., 2001. Ağır metal (Hg<sup>++</sup>, Cu<sup>++</sup>, Cd<sup>++</sup>, Pb<sup>++</sup>) hormon etkileşiminin arpa (*Hordeum vulgare* L.) tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyojoloji Anabilim Dah** Elazığ Sayfa: 66

- Guo-Yan, T., Marschner, H. ve Guo, Y.T., 1995. Uptake, distribution and binding of cadmium and nickel in different plant species. **Journal of Plant Nutrient**. 18:2691-2706.
- Güvercin, D., 2014. Sorgum Tohumlarının Çimlenmesi Sırasında Ağır Metal Stresi Etkilerinin Hafifletilmesinde Giberellik Asit ve Kinetinin Rolü. Yüksek Lisans Tezi Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji Anabilim Dalı** 2014 Isparta Sayfa: 61-68
- Harris, D., Joshi, A., Khan, P. A., Gothkar, P., & Sodhi, P. S. (1999). On-farm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. **Experimental Agriculture**, 35(1), 15-29.
- Haktanır, K., ve Arcak, S., 1998. Çevre Kirliliği. Ankara Üni. Ziraat Fak. Toprak Bölümü, Ankara Üni. Yayın No: 1503, Ders Kitabı:457, Ankara.
- Heydecker, W., Gibbins, B., 1978. The `priming` of seeds. *Acta Horticulturae*, 83: 213-215
- Houshmandfar, A. and Moragebi, F. (2011). Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc on seed germination and seedling growth of safflower. **African Journal of Agricultural Research**, 6 (6), 1463-1468.  
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/02/20180223-4.htm>.
- ISTA, 1996. International rules for seed testing. Rules. Seed Sci. Technol. 24. Supplement.
- ISTA. (2012). International Rules for Seed Testing. Edition 2012. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- Jain, R., Srivastava, S., and Madan, V.K., 2000. Influence of chromium on growth and cell division of sugarcane Indian **Journal of Plant Physiol**, (5);228-31.
- Kabir, M., Iqbal, M.Z., Muhammad, M. and Farooqi, Z.R. 2008. Reduction in germination and seedling growth of *Thespesia populnea* L., caused by lead and cadmium treatments. **Pakistan Journal of Botany**, 40 (6), 2419-2426.
- Kala, A. F., 2018. **Farklı Ağır Metal Dozlarının Bazı Vicia Türlerinin Çimlenme Parametreleri Üzerine Etkisi** Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Kahramanmaraş 4-5 s.
- Kalınbacak. K., Yurdakul. İ., Gedikoğlu. İ., 2012. Buğdayda Kadmiyumun Toksiklik Sınırının Belirlenmesi ve Bazı Ekstraksiyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması **Toprak Su Dergisi**, 2012; 1 (1): 28-37
- Khan, A. A. (1992). Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural reviews*, 13(1), 131-181.

- Kırbağ-Zengin, F. and Munzuroğlu, Ö., 2003. Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) kök,gövde ve yaprak büyümesi üzerine kadmiyum (cd++) ve civa (hg++)'nın etkileri. **C.Ü. Fen - Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi**, 24(1): 64-75.
- Kumar, M., Pant, B., Mondal, S., Bose, B. (2016). Hydro and halo priming: influenced germination responses in wheat Var-HUW-468 under heavy metal stress. **Acta physiologiae plantarum**, 38(9), 217.
- Lee-suskoon, K.M., Hyeum, J., Beom, H.S., Minkyong, K., Euiho, P., 1998. Optimum water potential, temperature and duration for priming of rice seeds. **Korean Journal of Crop Science**, 43: 1-5.
- Loutfy, N., El-Tayeb, M.A., Hassanen, A.M., Moustafa, M.F., Sakuma, Y. andInouhe, M., 2012. Changes in the water status and osmotic solute contents in response to drought and salicylic acid treatments in four different cultivars of wheat (*Triticumaestivum*). **Journal of Plant Research**, 125,173–184.
- Mishra, A., and Choudhuri, M. A. 1999. Effects of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. **Biologia Plantarum**, 42(3), 409-415.
- Moulick, D., Ghosh, D., Chandra Santra, S., 2016. Evaluation of effectiveness of seed priming with selenium in rice during germination under arsenic stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, 109: 571–578.
- Mrozek, E., 1980. Effect of Mercury and Cadmium on Germination of *Spartina alterniflora* Loisel Seeds at Various Salinities. **Elsevier Science** 20(4): 367-377.
- Munzuroğlu, Ö. ve Gür N., 2000. Ağır Metallerin Elma (*Malus slyvestris* Miller cv. Golden)'da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. **Turk J.Biol.** (24) 677-684. **TÜBİTAK**.
- Muradoğlu, F., Gündoğdu, M., Erciğlı, S., Tarık, E., Balta, F., Jafaar, H.Z. and Z1a-ul-Hak, M., 2015. Cadmium Toxicity Affects Chlorophyll a and b Content, Antioxidant Enzyme Activities and Mineral Nutrient Accumulation in Strawberry. **Biological Research**, 48: 11.
- Nawaz, F., Naeem, M., Akram, A., Ashraf, M. Y., Ahmad, K. S., Zulfiqar, B., ... & Anwar, I. (2017). Seed priming with KNO<sub>3</sub> mediates biochemical processes to inhibit lead toxicity in maize (*Zea mays* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 97(14), 4780-4789.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M., Pehlivan, M., 2009. Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. **Alnteri**, 17(B): 14-26.
- Pandey, N., Sharma, C.P., 2002. Effect of Heavy Metals Co<sup>2+</sup> , Ni<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> on Gowth and Metabolism of Cabbage. **Plant Science** 163: 753-758.

- Parera, C. A., and Cantliffe, D. J. (1994). Presowing seed priming. **Horticultural reviews**, 16(16), 109-141.
- Passam, H. C., and Kakouriotis, D. (1994). The effects of osmoconditioning on the germination, emergence and early plant growth of cucumber under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, 57(3), 233-240.
- Peralta, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., Tiemann, K.J., Gomez, E., Arteaga, S., Rascon, E., Parsons, J.G., 2001. Uptake and effects of five heavy metals on seedgermination and plant growth in alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 66:727–734.
- Poschenrieder, C. H., B. Gunse, B., Barcelo, J., 1989. Influence of cadmium on water relations, stomatal resistance and abscisic acid content in expanding bean leaves. **Plant Physiol**, 90: 1365-1371.
- Reeves, R. D., and Baker, A. J. 2000. Metal-accumulating plants. In ‘Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment’. (Eds I Raskin, BD Ensley) pp. 193–229.
- Sandalio, L. M., Dalurzo, H. C., Gomez, M., Romero-Puertas, M. C., Del-Rio, L. A., 2001. Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. **Journal of Experimental Botany**, 52 (364): 2115-2126.
- Schützendübel, A., Schwanz, P., Teichmann, T., Gross, K., Langenfeld-Heyser, R., Godbold, D. L., & Polle, A. (2001). Cadmium-induced changes in antioxidative systems, hydrogen peroxide content, and differentiation in Scots pine roots. **Plant physiology**, 127(3), 887-898.
- Seregin, I. V., Kozhevnikova, A.D., Kazyumina, E.M., Ivanov, V.B., 2003. Nickel Toxicity and Distribution in Maize Roots. **Russian Journal of Plant Physiology** Vol. 50 (5):711-717.
- Shao, Y., Jiang, L., Zhang, D., Ma, L., Li, C., 2011. Effects of arsenic, cadmium and lead on growth and respiratory enzymes activity in wheat seedlings. **Journal of Agricultural Research**, 6(19) : 4505–4512.
- Shinwari, K. I., Jan, M., Shah, G., Khattak, S., R., Urehman, S., Daud, M. K., Jamil, M., 2015. Seed Priming With Salicylic Acid Induces Tolerance Against Chromium(VI) Toxicity in Rice (*Oryza Sativa* L.). **Pakistan Of Journal Botany**. 47(SI):161–170
- Singh, A., Eapen, S., & Fulekar, M. H. (2009). Potential of *Medicago sativa* for uptake of cadmium from contaminated environment. **Romanian Biotechnology Letters**, 14(2), 4164-4169.
- Smiri, M. (2011). Effect of cadmium on germination, growth, redox and oxidative properties in *Pisum sativum* seeds. **Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, 3 (3), 52-59.



- Sönmez, S., Kaplan, M., Sönmez, N.K ve Kaya, H., 2006 b. Toprakta Yapılan Bakır Uygulamalarının toprak pH'sı ve bitki besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 19(1);151-158.
- Stresty, T.V.S. and Madhava Rao, K.V., 1999. Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeonpea, **Environ Exp Botany**, 41, 3-13.
- Susana, R., and Suswati. 2013. Bioaccumulation and distribution of Cd in roots and shoots three Species of Brassicaceae Implication on phytoremediation. *J Manusia dan Lingkungan* 20:221-228. **Distribution of Cadmium in Sweet Corn Grown on a Peat Soil and Its Implication on Food.**
- Sürek, H., Kahraman T., Ünan R., 2016 Çeltik (*Oryza sativa* L.) Genotiplerinin Trakya Koşullarının Farklı Lokasyonlarında Adaptasyonu ve Bazı Karakterler Yönünden Stabilitate Analizleri **Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi**, 2016, 25 (Özel sayı-1):123-128
- Taşlıgil, N., Şahin G., 2011 Türkiye'de Çeltik (*Oryza sativa* L.) Yetiştiriciliği ve Coğrafi Dağılımı **Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi** Sayı:6 Yıl:4 ISSN: 1308-9196 Haziran 2011
- Uruç, K., Demirezen-Yılmaz, D., Akbulut, H. (2008). Farklı pH Değerlerinin *Lemna gibba* L. ve *Lemna minor* L.'de nikel alınımı ve klorofil miktarına etkisi. **Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi** (2):13-15.
- Uysal, B., 2012. **Ispanakta Kadmiyum Toksisitesine Bağlı Oksidatif Stres Üzerine Potasyum Beslenmesinin Etkisi.** Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 77s.
- Vural, H., 1993. Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. **Ekoloji**, 8: 3-8.
- Wang, C. D., Chan, H. T., Lay, C. L., 1991. Effects of organic manures on the yield and Wang, C.X., Mo, Z., Wang, H., Wang, Z.J., Cao, Z.H., 2003. The transportation, time-dependent distribution of heavy metals in paddy crops. **Chemosphere**, 50: 717- 723.
- Wang, Y.R., Yu, L., Nan, Z.B. and Liu, Y.L., 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. *Crop Science* 44(2), 535-541.
- Xu, J., Yang, L., Wang, Z., Dong, G., Huang, J and Wang, Y., 2006. Toxicity of copper on rice growth and accumulation of copper in rice grain in copper contaminated soil. **Chemosphere** 62:602-607.
- Yıldız, M., Uruşak, B., Terzi, H., 2011, Türkiye'de Ekimi Yapılan Bazı Arpa Çeşitlerinin Erken Fide Evresinde Krom (VI) Toleransı Üzerine Bir Ön Çalışma **Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi** 2010-01 01-10

- Yıldız, N., 2004. **Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller**. ZT-531. Yüksek Lisans Ders Notları. Erzurum.
- Yılmaz, H. Ş., Kökten, K., 2019. Kadmiyum (Cd) Uygulamasının Tane Sorgumda (*Sorghum bicolor* L.) Bazı Morfolojik Özellikler Üzerine Etkisinin Belirlenmesi **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi** 6(3): 447–456, 2019
- Yurdakul, İ., Kalınbacak, K., Terzi, D., Peker, R. M., 2017. Ağır Metallerin Tarla Şartlarında Buğday (*Triticum Aestivum* L.) Verimine Toksik Etkisinin Belirlenmesi **Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi** Cilt 6(2) 580-593 2017
- Zhang, F., Zhang, H., Xia, Y., Wang, G., Xu, L. and Shen, Z., 2011. Exogenous application of salicylic acid alleviates cadmium toxicity and reduces hydrogen peroxide accumulation in root apoplasts of *Phaseolusaureus* and *Viciasativa*. *Plant Cell Reports*, 30,1475–1483

## ÖZGEÇMİŞ

Yazar 1988 yılında Erzincan/Merkez' de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Erzincan Kurtuluş İlk Öğretim Okulunda, Lise eğitimini ise Erzincan Tarım Meslek Lisesinde tamamladı. Yükseköğrenimi süresince; Atatürk üniversitesi Sağlık Hizmetleri meslek yüksekokulu-Tıbbi laboratuvar programı, Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi-İşletme Bölümü ve Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümlerinden mezun oldu. 2010 yılında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığına atandı Bakanlık bünyesinde, Erzurum Veteriner Kontrol ve Araştırma Enstitüsü, Erzincan Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüklerinde görev yaptı. Hala Tarım ve Orman Bakanlığına Bağlı Erzincan Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğünde Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve iki çocuk babası olan yazar, yüksek lisans çalışmasının son aşaması olan bu tezi hazırlamış bulunmaktadır.