

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

**TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN BAZI ARPA ÇEŞİTLERİNİN
FARKLI TUZ UYGULAMALARINDA KADMİYUM'A (Cd)
DAYANIKLILIK TOLERANSININ BELİRLENMESİ**

ONUR BURKAN

**Bu tez,
Toprak Anabilim Dalında
Yüksek Lisans
derecesi için hazırlanmıştır.**

ORDU 2014

TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Onur BURKAN tarafından hazırlanan ve Doç. Dr. Faruk ÖZKUTLU danışmanlığında yürütülen “**Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Arpa Çeşitlerinin Farklı Tuz Uygulamalarında Kadmiyum’a (Cd) Toleransının Belirlenmesi**” adlı bu tez, jürimiz tarafından 21/02/ 2014 tarihinde oy birliği / oy çokluğu ile Toprak Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Faruk ÖZKUTLU

Başkan : Prof. Dr. Metin TURAN
Genetik ve Biyomühendislik Bölümü,
Yeditepe Üniversitesi

İmza :

Üye : Doç. Dr. Faruk ÖZKUTLU
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,
Ordu Üniversitesi

İmza:

Üye : Doç. Dr. Kürşat KORKMAZ
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,
Ordu Üniversitesi

İmza:

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 28.02.2014 tarih ve 2014/150 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
(Prof. Dr. Mehmet Fikret BALTA)



TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Onur BURKAN

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.

ÖZET

TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN BAZI ARPA ÇEŞİTLERİNİN FARKLI TUZ UYGULAMALARINDA KADMIYUM'A (Cd) TOLERANSININ BELİRLENMESİ

Onur BURKAN

Ordu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı, 2014
Yüksek Lisans Tezi, 57s

Danışman: Doç. Dr. Faruk ÖZKUTLU

Bu araştırmayla farklı NaCl konsantrasyonları (0, 3000 mg kg⁻¹) ve Cd konsantrasyonları (5 ve 10 mg kg⁻¹) uygulamalarıyla on altı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşidinin kadmiyum biriktirme kapasiteleri belirlenmiştir. Denemede çeşitler bazında, artan tuz ve Cd dozlarının yeşil aksam Cd biriktirmesi üzerindeki etkileri P<0.0001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan tuz ve Cd dozlarında bitkilerin kuru madde verimleri farklı bulunmuştur. Tuz'suz ve Cd 5 mg toprak kg⁻¹ uygulamasında en az kuru madde verimi 437 mg bitki⁻¹ olarak Trakya Bolayır çeşidinde en yüksek kuru madde verimi 670 mg bitki⁻¹ olarak Aydan Hanım çeşidinde olmuştur. Tuz'suz ve Cd 5 mg toprak kg⁻¹ uygulamasında yeşil aksamında en az Cd biriktiren çeşit 6,51 mg kg⁻¹ olarak Hilal çeşidinde iken en fazla Cd biriktiren 14,77 mg kg⁻¹ düzeyinde Avcı-2002 çeşidinde saptanmıştır. Artan NaCl (3000 mg kg⁻¹) ve Cd 5 mg toprak kg⁻¹ dozu uygulanmasında ise en düşük Cd konsantrasyonu Kaya çeşidinde 15,27 mg kg⁻¹ iken en yüksek Cd konsantrasyonu 35,57 mg kg⁻¹ Avcı-2002 çeşidinde olmuştur. Tuz'suz ve Cd 10 mg toprak kg⁻¹ uygulamasında yeşil aksamında en az Cd biriktiren 9,45 mg kg⁻¹ konsantrasyonunda Hilal çeşidi iken en fazla Cd biriktiren 26,87 mg kg⁻¹ konsantrasyonunda Fahrettin Bey çeşidi olmuştur. Artan tuz ve Cd 10 mg toprak kg⁻¹ dozlarında en az Cd biriktiren 24,16 mg kg⁻¹ ile Hilal çeşidi iken en fazla Cd biriktiren 52,19 mg kg⁻¹ ile Yerçil çeşidi olarak saptanmıştır. Sonuç olarak çeşitlerin artan tuz dozlarında Cd biriktirme kapasiteleri farklı olmuştur. On altı arpa çeşidinden Hilal çeşidi artan tuz ve Cd uygulamalarından en az etkilenen çeşit olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arpa (*Hordeum vulgare*), Tuz (NaCl), Kadmiyum (Cd)

ABSTRACT

DETERMINING THE TOLERANCE CAPACITIES OF SEVERAL BARLEY SPECIES GROWN SALTY SOILS IN TURKEY TO CADMIUM (Cd).

Onur BURKAN

Ordu University
Art of Science Institute
Department of Soil Sciences, 2014
MSc. Thesis, 57p

Supervisor: Associate Prof. Faruk ÖZKUTLU

In this research, Cd accumulation capacity of sixteen barley species (*Hordeum vulgare L.*) was determined with application of different NaCl (0.3000 mg kg⁻¹) and Cd (5 and 10 mg kg⁻¹) concentrations. Green part Cd accumulation of increasing salt and Cd doses in the trials conducted on the basis of types was found to be significant with P<0.0001 level. Dry matter yields of plants in increased salt and Cd doses were found to be different. In the application of no salt and Cd 5 mg soil kg⁻¹ the lowest dry matter yield was found in the Trakya Bolayır species with the value of 437 mg plant⁻¹ whereas the highest dry matter yield was found in the Aydan Hanım species with the 670 mg plant⁻¹ value. In the application of no salt and Cd 5 mg soil kg⁻¹, the lowest Cd concentration in the green part was obtained from Hilal species (6.51 mg kg⁻¹) whereas the highest value was found in the Avcı 2002 species (14.77 mg kg⁻¹). On the other hand in the application of increased NaCl (3000 mg kg⁻¹) and 5 mg soil kg⁻¹ doses, the lowest Cd concentration was determined in the Kaya species (15.27 mg kg⁻¹) whereas the highest Cd concentration was obtained from the Avcı species (35.57 mg kg⁻¹). Hilal has been the lowest green part Cd accumulating species in the application of no salt, 10 mg soil kg⁻¹. Fahrettin Bey species was found to accumulate the maximum amount of Cd with the 26.87 mg kg⁻¹ concentration. In the application of increased salt and Cd 10 mg soil kg⁻¹ doses, the least Cd accumulating species has been Hilal whereas the highest Cd was found in the species of Yercil with the 52.19 mg kg⁻¹ value. Consequently, Cd accumulation capacities of the species were found to be different in increased doses of salt. Hilal was found to be most tolerant species in the application of increased NaCl and Cd doses.

Keywords: Barley (*Hordeum vulgare*), Salt (NaCl), Cadmium (Cd)

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca engin bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak kendimi geliştirme olanağı sağlayan, eğitim hayatıma farklı bir bakış açısı kazandıran, karşılaştığım bütün zorluklarda ilgi ve anlayışıyla daima destek olan, gerek bilimsel anlamda gerekse hayata dair öğrettikleriyle her zaman yoluma ışık tutan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Faruk ÖZKUTLU' ya ve yine değerli katkılarından faydalandığım hocam Sayın Öğr. Gör. Bilal ÖZDEMİR' e, istatistik konusunda bilgisi ve yardımlarını paylaşan Sayın Yrd. Doç. Dr. İdris Ercan EKBİÇ'e, değerli tavsiyeleri ve bilgileriyle bana ışık tutan Sayın Doç. Dr. Kürşat KORKMAZ'a, tez yazım aşamasında desteği, sabrı ve anlayışı için Arş. Gör. Özlem ETE' ye ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Emine DAĞDAŞ ve Mehmet KILIÇOĞLU'na, sera çalışmalarında büyük yardımlarını gördüğüm Arş. Gör. Mehmet AKGÜN, Arş. Gör. Selahattin AYGÜN ve Arş. Gör. Sezen KULAÇ' a bu konuma gelmemde büyük emekleri olan bütün bölüm hocalarıma, tohum temini ve değerli bilgilerini esirgemeyen Zir. Müh. Aydın İMAMOĞLU' na, analizlerin yürütülmesinde yardımcı olan Dr. Atilla YAZICI ve Zir. Müh. Yusuf TUTUŞ' a ayrıca maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen eşim Melek BURKAN' a ve değerli aileme teşekkür ederim.

Ayrıca TF-1220 proje numaralı tez çalışmamı destekleyen Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (BAP) desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
ÇİZELGELER LİSTESİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR	VIII
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1.1.Toprakta Tuz.....	5
2.1.2.Toprak'ta Kadmiyum.....	6
2.2.1.Bitkide Tuz.....	9
2.2.2.Bitkide Kadmiyum.....	11
2.3.Kadmiyum-Tuz İnteraksiyonları.....	16
3.MATERYAL VE METOD	20
3.1.Materyal	20
3.1.1.Toprak Örneğinin Alınması, Deneme ve Analize Hazırlanması.....	20
3.2.Metod	21
3.2.1. Saksı Denemelerinin Kurulması ve Yürütülmesi.....	21
3.2.2.Bitkilerin Hasadı ve Analizlere Hazırlanması.....	22
3.2.3. Bitki Analizleri.....	22
3.2.4. Kullanılan Analiz Yöntemleri.....	23
3.2.5. Sonuçların değerlendirilmesi ve istatistiksel yöntemler	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	25
4.1. Araştırma Bulguları	25
4.2.Tartışma	38
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	43
6.KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.1. Tuz'suz Cd 5 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük ve en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşitler (mg kg ⁻¹).....	30
Şekil 4.2. NaCl 3000 ve Cd 5 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük ve en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşitler (mg kg ⁻¹).	30
Şekil 4.3. Tuz'suz Cd 5 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg ⁻¹).....	30
Şekil 4.4. Tuz'suz Cd 5 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg ⁻¹).....	30
Şekil 4.5. NaCl 3000 Cd 5 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg ⁻¹).....	30
Şekil 4.6. NaCl 3000 Cd 5 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg ⁻¹).....	30
Şekil 4.7. Tuz'suz Cd 10 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük ve en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşitler (mg kg ⁻¹).....	31
Şekil 4.8. NaCl 3000 ve Cd 10 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük ve en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşitler (mg kg ⁻¹)	31
Şekil 4.9. Tuz'suz Cd 10 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg ⁻¹).....	32
Şekil 4.10. Tuz'suz Cd 10 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg ⁻¹).....	32
Şekil 4.11. NaCl 3000 Cd 10 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg ⁻¹).....	32
Şekil 4.12. NaCl 3000 Cd 10 mg kg ⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg ⁻¹).	32

ÇİZELGELER LİSTESİ

<u>Cizelge No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Denemede Kullanılan Toprağın Fiziksel Özellikleri	20
Çizelge 3.2. Denemede Kullanılan Toprağın Kimyasal Özellikleri.....	20
Çizelge 3.3. Denemede Kullanılan Arpa Çeşitleri ve Özellikleri	21
Çizelge 4.1. Farklı NaCl dozları (0-3000 mg kg ⁻¹) ve farklı Cd dozları (5 ve 10 mg kg ⁻¹) uygulaması altında sera koşullarında yetiştirilen 16 Arpa çeşitlerinin yeşil aksam kuru madde verimi mg bitki ⁻¹ (Sonuçlar ± 3 paralelin ortalaması şeklindedir).	25
Çizelge 4.2 Farklı NaCl dozları (0-3000 mg kg ⁻¹) ve farklı Cd dozları (5 ve 10 mg kg ⁻¹) uygulaması altında sera koşullarında yetiştirilen 16 Arpa çeşitlerinin yeşil aksam Cd konsantrasyonları mg kg ⁻¹ (Sonuçlar ± 3 paralelin ortalaması şeklindedir).....	28
Çizelge 4.3. Farklı Kadmiyum Uygulamaları Altında Yetiştirilen Arpa Bitkilerinde Farklı Tuz Uygulamalarının Etkisinin Yeşil Aksam Makroelement Konsantrasyonları üzerine etkisi (%). (Sonuçlar±3 paralelin ortalaması şeklindedir).....	34
Çizelge 4.4. Farklı Kadmiyum Uygulamaları Altında Yetiştirilen Arpa Bitkilerinde Farklı Tuz Uygulamalarının Etkisinin Yeşil Aksam Mikroelement Konsantrasyonları üzerine etkisi (mg kg ⁻¹). (Sonuçlar±3 paralelin ortalaması şeklindedir).	36

SİMGELER VE KISALTMALAR

Mg	:	Miligram
Kg	:	Kilogram
Mmhos	:	Elektriksel geçirgenlik
ESP	:	Değişebilir sodyum yüzdesi
μm	:	Mikrometre
ppm	:	Milyonda bir kısım
ppb	:	Milyarda bir kısım
%	:	Yüzde
mM	:	Milimol
μg	:	Mikrogram
mL	:	Mililitre
μM	:	Mikromolar
ng	:	Nanogram

1.GİRİŞ

Dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılamak amacıyla tarım alanlarında birim alandan daha fazla verim elde etmek için daha fazla girdinin kullanılması gerekmektedir. Tarımın bütün alanlarında kaliteli tohumluk, mekanizasyon, bitki ıslahı gibi tedbirlerin yanında sulama ve yağışa bağlı olarak bilgili gübreleme yapmak gerekmektedir. Gübre uygulamasıyla artırılan bitkisel ürünler, hayvancılık ve tarıma dayalı endüstrinin de temelini oluşturmaktadır. Uygun olmayan aşırı gübreleme toprakta kirlenmelere, toprak reaksiyonunun değişmesine topraktaki besin elementleri dengesinin bozulmasına, makro ve mikro faunanın zarar görmesine, bitki gelişiminde bozulmalara neden olmaktadır. Toprağın toksik maddelerce zenginleşmesinin diğer nedenleri bilinçsizce kullanılan kimyasal gübreler; özellikle fosfatlı gübreleme ile Cd, Zn, Cr ve Pb' nin artması, sanayileşme ve yoğun trafiktir (Ceran, 2005;Çağlarımak, 2010). Son yıllarda, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan ağır metallere bağlı çevre kirliliği önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle de, bakır (Cu), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve civa (Hg) gibi metallerin üretiminin yüksekliğinin önemli boyutlarda olduğu bildirilmiştir (Çağlarımak, 2010). İlgili ağır metallere Cd, son yıllarda artan bir şekilde araştırmalara konu olmuştur. Toprak kirliliği açısından bakıldığında, ağır metallerin en önemli kirlenme kaynakları arasında olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın hazırladığı 129 adet öncelikli çevre kirlenme kaynağı arasında yer alan ağır metaller, en önemli çevre kirlenme kaynaklarından birini oluşturmaktadır (Anonim, 2008a). Topraklara karışan ve buralarda birikme yapan ağır metaller, mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıplarına, hatta besin zinciri yoluyla sıcakkanlıklarda zehirlenmelere kadar birçok çevre ve insan sağlığı problemlerinin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Ağır metaller, biyotaya yüksek düzeyde dayanıklılık ve zehirlilik etkisi göstermesi nedeniyle çevredeki en tehlikeli maddelerden biri olarak kabul edilmektedir (Vanlı ve Yazgan, 2008). Ağır metaller içerisinde Cd (kadmiyum) toprakta oldukça düşük miktarlarda da olsa tarım yapılan topraklarda Cd bulunmaktadır. Kabata-Pendias ve Pendias (1992), dünya tarım topraklarının ortalama Cd konsantrasyonunun 0.53 mg kg^{-1} olduğunu ve $0.06-1.1 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini açıklamıştır. Topraklardaki Cd miktarı doğal koşullarda düşük

miktarlarda olmasına karşın çeşitli kaynaklardan topraklara Cd girişi olmaktadır. Topraktaki Cd miktarının artışında rol oynayan faktörler arasında fosforlu gübre uygulamaları, atmosferik depolanma, atık çamurları ve çiftlik gübrelerinin uygulamaları sayılabilir. Toprağa ulaşan Cd'un % 54-58'i fosforlu gübrelerden, % 39-41'i atmosferik depolanmadan, % 2-5'i ise atık çamur ve çiftlik gübresi uygulamalarından kaynaklanmaktadır (Yost ve Miles, 1979, Saltalı, 2004). Genellikle fosforlu gübre uygulamalarından topraklara yüksek miktarda Cd girişi olabilmektedir. Dünya'nın fosfat kaya rezervlerinin % 91'inin bileşiminde As, Cd, Cr, Pb, Hg, ve Ni elementlerinin bulunduğu ve fosforlu gübreler yoluyla Cd toprağa, oradan da besin zincirine geçmektedir. Bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda fosfatlı gübrelerin 0.1-170 mg kg⁻¹ arasında Cd içerdiği saptanmıştır (Ceran, 2002; Saltalı, 2004). Topraklara Cd girişinin azaltılmasına yönelik birçok ülkede fosforlu gübrelerin içeriğindeki Cd ile ilgili bazı düzenlemeler yapılmıştır. Buna göre, tarımsal uygulamaların ülkelere göre büyük ölçüde farklılık göstermesi nedeniyle ülkelerin fosforlu gübrelerdeki Cd konsantrasyonu limitleri de farklılık göstermektedir. Avrupa ülkelerinde fosforlu gübre kullanımı oldukça yüksektir. Bu yüzden Almanya fosforlu gübrelerdeki Cd konsantrasyonunu gönüllülük esasına dayanarak 200 mg Cd kg⁻¹ olarak sınırlandırmıştır (Mortvedt ve Beaton 2001). İsveç'te fosforlu gübrelerde Cd konsantrasyonu 5 mg kg⁻¹'in üzerine çıktığında vergi alınmakta ve Cd konsantrasyonu 100 mg kg⁻¹'in üzerinde olan fosforlu gübrelerin ithalatı yasaklanmıştır. Bu da düşük Cd içerikli gübre üretimini teşvik etmekte ve toprağa Cd girişini azaltmaktadır (Özbek ve ark., 1995, Jansson 2002). Avrupa ülkelerinin diğerlerinde ise fosforlu gübre için önerilen Cd sınır değerleri İsviçre, Norveç, Finlandiya'da 50 mg kg⁻¹ P, Danimarka'da 110, Belçika'da 200, Avustralya'da 345 mg kg⁻¹ olarak kabul edilmiştir. Hollanda'da ise bu değer 35 mg kg⁻¹ P' a düşürülmüştür (Al-Shawi ve Dahl 1999, Köleli ve Kantar, 2005). Avrupa Birliği gübrelerdeki Cd değerinin 2006' ya kadar 60 mg Cd kg⁻¹ P₂O₅, 2010' a kadar 40 mg Cd kg⁻¹ P₂O₅, 2015' e kadar ise 20 mg Cd kg⁻¹ P₂O₅ değerine indirileceğini kabul etmiştir (Köleli ve Kantar 2006). Köleli ve Kantar 2006, son yıllarda fosforlu gübre üretiminde ham kaya fosfatının yerini alan fosforik asidin hacim ilkesine göre maksimum Cd, Pb, Ni ve As konsantrasyonu ise sırayla 114, 11, 201 ve 81 mg L⁻¹ P'

olarak belirtmiştir. Tarım topraklarında verimi artırmak amacıyla tüketilen DAP, TSP ve kompoze gübrelerin özellikle Cd içeriğinin oldukça yüksek olduğunu (>8 mg/kg gübre) ve Türkiye’de üretilen suni gübrelerin yaklaşık % 87’ sinde Cd içeriği 8 mg kg^{-1} gübre sınır değerine yakın ($7,5 \text{ mg kg}^{-1}$ gübre) ya da 2-5 kat üzerinde olduğunu belirtmiştir. Topraklara Cd girişinde rol oynayan diğer önemli faktörde arıtma çamurlarıdır. Son yıllarda arıtma çamurlarının topraklara uygulanabilmesi amacıyla çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Özbek ve ark (1995) arıtma çamurunun toprağa karıştırılabilmesi için Cd sınır değerinin 10 mg kg^{-1} ’in altına indirilmesi gerektiğini açıklamıştır. Arıtma çamurlarından topraklara Cd girişini minimize etmek amacıyla birçok ülkede çevre örgütleri tarafından tarımsal amaçlı toprağa uygulanan arıtma çamuru için uygulama koşullarını düzenleyen yönetmelikler çıkarmıştır. Bu amaçla ülkemizde de Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği çıkartılmıştır. Yönetmelikte toprak kirliliğinin önlenmesi için tarımda kullanılacak arıtma çamurlarının kapsamı ve uygulanacak toprağın içeriği ile ilgili sınır değerleri belirlenmiş ve çeşitli yasal yükümlülükler getirilmiştir. Örneğin araziye uygulanacak arıtma çamurları için maksimum Cd konsantrasyonu kuru ağırlıkça 40 mg Cd kg^{-1} ve uygulanacak toprak için maksimum Cd konsantrasyonu; pH’ sı 5-6 olan topraklar için 1 mg Cd kg^{-1} , pH’ sı 6’dan yüksek topraklar için ise 3 mg Cd kg^{-1} olarak sınırlandırılmıştır. pH değeri 5’in altında olan topraklara arıtma çamuru uygulaması tümüyle yasaklanmıştır (Anonymous 2005a).

Topraklardaki Cd dinamiği; toprağın pH, redoks durumu, organik madde içeriği, tekstür, hidro oksitler ve serbest karbonatlar gibi özellikler tarafından güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Son yıllarda bitkilerin Cd alımı üzerine özellikle toprak tuzluluğuyla Cd alımını arttırdığına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Toprakların tuzluluk (özellikle Cl^- konsantrasyonu) durumu bitki Cd konsantrasyonunu etkileyen önemli faktörlerdendir. Dünyanın yaklaşık %7’ si, kültüre alınmış alanların %20’ si ve sulama yapılabilen alanların neredeyse yarısı tuzluluktan etkilenmektedir (Zhu 2001). Zadeh ve Naeni, (2007) tarafından dünyada 397 milyon ha alan tuzlu, 434 milyon ha sodyumlu toprak olduğu bildirilmiştir. Mevcut sulanan 230 milyon ha alanın 45 milyon ha’ı tuzdan etkilenen topraktır (%19.5) ve yaklaşık 1.5 milyar ha kuru tarım alanının ise 32 milyon ha’ı (% 2.5) tuz’dan etkilenmiştir (Ekmekçi ve ark., 2005; Zadeh ve Naeni, 2007). Türkiye’de 1.5

milyon hektardan fazla alanda tuzluluk, sodyumluluk ve 2.8 milyon hektar alanda ise drenaj sorunu bulunmaktadır (Sönmez, 2004). Bitkilerde Cd birikimini etkileyen diğer bir faktör ise toprakların tuzluluk durumudur. Topraklarda tuzluluğun artışıyla (özellikle Cl kons. artışıyla) bitkilerde Cd miktarının arttığı saptanmıştır (Smykalova ve Zamecnikova 2003, Özkutlu, 2007, Pedro ve ark., 2013).

Ülkemiz topraklarının yaklaşık % 32' si (25 milyon hektar) tarım yapılabilir özelliktedir. Tarım alanlarımızın % 68' i (17 milyon hektar) tarla tarımına ayrılmıştır. Bu alanın % 73'ünde (12.4 milyon hektar) hububat ekilmektedir. Hububat ekim alanı içerisinde yaklaşık % 65' lik pay ile ilk sırada buğday, % 28' lik payla ikinci sırada arpa ve % 4.5' lik payla mısır üçüncü sırada yer almaktadır (Anonim, 2008). Besin zinciri yoluyla insan vücuduna giriş yapan kadmiyum belli bir birikimden sonra ciddi sağlık sorunlarına yol açmaktadır (Aitio ve Tritscher, 2004). Bu nedenle özellikle tahıl kökenli gıdalarda Cd biriktiren çeşitlerin kapasitelerinin belirlenmesi öncelikli konular arasındadır.

Yukarıda vurgulandığı gibi toprak tuzluluğu bitkilerdeki Cd alımı ve birikimi üzerinde etkili olmaktadır. Hem bitki türleri hem de aynı türün genotipleri ağır metalleri absorbe etme, biriktirme ve tolere etme bakımından farklılıklar göstermektedir. Kadmiyum, Mn, Zn, Mo ve Se gibi bitki kökleri tarafından alındıktan sonra kolayca yeşil aksama taşınabilmektedir. Söz konusu ağır metallere Cd'un topraktaki hareketliliği diğer ağır metallere göre daha yüksek olup birçok bitki türünde kolayca taşınabilmektedir. Bu tez çalışmasında Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen 16 arpa çeşidinin tuz'suz koşullarda Cd' a toleransları ve toprak tuzluluğunun yeşil aksama Cd taşınımı üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1.Toprakta Tuzluluk ve Kadmiyum

2.1.1.Toprakta Tuz

Toprak tuzluluğu; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yikanarak yeraltı suyuna karışan çözünabilir tuzların yüksek taban suyuyla birlikte kapilarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu suyun topraktan ayrılarak tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölümünde birikmesi olayıdır (Ekmekçi ve ark. 2005). US Salinity laboratuvarı bulgularına göre saturasyon ekstraktında 4 mmhos.cm⁻¹ den fazla tuz içeren toprak tuzlu olarak tanımlanmıştır. Tuzlu topraklarda pH genelde nötr ya da hafif alkaliye yakın olabilir. Çoğu bitkilerin büyümesini engellemeye neden olacak kadar eriyebilir tuz içeren topraklar tuzlu olarak nitelendirilir. Tuzluluk problemi tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz topraklarında da karşılaşılan en büyük sorunlardan biridir. Kanber ve Ünlü, (2010) bildirdiğine göre ülke genelinin içinde bulunduğu sıcak ve kurak iklim koşulları, düşük yağış miktarı ve özellikle tarımsal ve peyzaj uygulamalarında yapılan yanlış sulama uygulamaları sonucu drenaj probleminin yaşandığı bu tip alanlarda tuzluluk problemi ortaya çıkmaktadır. Tuzlu sulama suları, bitki yetiştirilen alanlarda, toprakları olumsuz yönde etkilemektedir. Tuzdan etkilenen topraklar, sorunlu toprak sınıfına girmektedir.

Kanber ve Ünlü, (2010) toprakta tuz derişiminin artmasıyla birlikte bitkinin topraktan su alımının güçleştiğini, toprağın yapısı bozularak bitki gelişiminin yavaşladığını açıklamışlardır. Yüksek tuz konsantrasyonu bitkilerin verim ve kalitelerinde azalmaya neden olmakla birlikte toprağın fiziksel yapısında da özellikle Na iyonunun baskın olması durumunda önemli zararların oluşmasına neden olmaktadır (Sönmez ve Sönmez 2007). Kotuby ve ark., (2007) domates yetiştiriciliğinde tuzluluğun 2.5 dS m⁻¹ den 3.5 dS m⁻¹ ve çıkarılmasıyla üründe % 10 kayıp, 5 dS m⁻¹ 'ye çıkarılmasıyla üründe % 25 ve 7.6 dS m⁻¹ 'ye çıkarılmasıyla üründe % 50 oranında azalma olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan bu çalışmalarda topraktaki tuzluluğun bitki gelişiminde ve verim potansiyelinde ciddi kayıplara neden olduğu saptanmıştır.

Toprakta tuz zararından korunmak için topraktaki eriyebilir tuzların uzaklaştırılması gerekli olmasına karşın, eğer toprak sodik ise uygulanan işlemler toprakta fiziksel bozulmaya yol açabilmektedir. Diğer taraftan Ca iyonu sodiklik probleminin yol açtığı bu fiziksel bozulmayı önleyici etkiye sahip olup, aynı zamanda bitkiyi sodyumun toksik etkilerine karşı da korumaktadır (Çavuşoğlu, 2007).

2.1.2.Toprak'ta Kadmiyum

Topraktaki Cd konsantrasyonunun asıl kaynağı toprak ana materyalidir. Tarım topraklarında mücade edilebilir Cd konsantrasyonu 3 mg kg^{-1} olup, genelde topraklarda Cd düzeyi 0.1 mg kg^{-1} civarındadır (Alloway, 1995; Çevre ve Or. Bak, 2005). Genellikle topraklarda kadmiyum 'un $0.01-0.7 \text{ mg kg}^{-1}$ düzeylerinde olması arzu edilir. Ağır killi topraklarda 1.1 mg kg^{-1} , kumlu- tınlı topraklarda 0.8 mg kg^{-1} ve kumlu topraklarda 0.4 mg kg^{-1} düzeyleri arasındadır (Ece, 2001; Verbruggen ve ark., 2009). Kirlenmemiş tarım alanlarında maksimum Cd miktarının 1.0 mg kg^{-1} düzeyinde olduğu, genel olarak bu değer 0.3 mg kg^{-1} civarında olduğu belirtilmektedir (Ece, 2001; Verbruggen ve ark., 2009). Bununla birlikte; topraktaki Cd 'un tarımla birlikte toprağa verilen agro-kimyasallar ve diğer organik ve inorganik atıklarla arttığı bilinmektedir (Mermut ve ark., 1996; Ozaki ve ark.,2004; Suzuki ve ark., 2009; Petrova, 2011). Bunlar arasında, özellikle fosforlu gübrelerin aşırı kullanımı, Cd içeren sulama ve yağmur suları, maden ocaklarına yakın olan araziler, endüstriyel ve ev atıkları ile yoğun taşıt kullanımının neden olduğu kirlenme (egzoz gazı, lastik parçacıkları gibi) sayılabilir. Bu etkenler bir kirletici olarak Cd'un önemini artırmaktadır (Özyiğit ve Akıncı, 2009; Sabiha-Javied ve ark., 2009). Birleşik Devletler Çevresel Koruma Komisyon'unun öncelikli zararlı maddeler listesinde yer alan Cd'a, canlılar çoğu kez doğrudan solunum yolu veya besin zinciri aracılığıyla maruz kalmaktadırlar. Maruziyet yolu, dozu ve süresine bağlı olarak Cd akciğer, karaciğer, böbrek, kemik, testis ve plasentada hasara neden olabilmektedir (Paustenbach ve ark., 2003; Prozialeck, 2006; Meravi ve Prajapati, 2013). Cd, ağır metaller içerisinde suda çözünme özelliği en fazla olanıdır. Suda çözülmüş olarak bulunan Cd, besin zincirine katılıp tüm canlılarda birikime neden olmaktadır (Kayhan, 2006; DalCorso ve ark., 2008). Yapılan çalışmalar sonucunda günlük $40-50 \mu\text{g}$ Cd alınımının canlılara zarar vermediği tespit edilmiştir (Elson ve Hass 2001).

Toprakta ağır metaller kolloidlere tutunmuş, organik maddelere bağlı ve toprak çözeltisi içinde iyon halinde bulunurlar. Toprakta iyon halinde bulunan ağır metaller bitkilerin kökleri ile alınır diğerleri alınamaz. Koşulların değişmesi (pH, sıcaklık, organik madde miktarı, diğer metallerin varlığı, mikroorganizmalar vb.) toprak çözeltisi içindeki ağır metal konsantrasyonunu değiştireceğinden ağır metal alınımını da etkiler. Ağır metal alınımı, bitki türüne bağlı olarak da değişiklik göstermektedir (He ve ark., 2005).

Özkutlu, (2004) bildirdiğine göre Cd kirlenmesinde en önemli rolü oynayan 3 etmen; fosfor içeren gübreler, kadmiyumun atmosferik birikimi, kanalizasyon arıtma çamurlarıdır. Fosfor gübreleri 300 mg Cd kg⁻¹ üstünde Cd'a sahip olurken, N ve K'lu gübreler genellikle 9 mg Cd kg⁻¹'dan daha az Cd içermektedir (Fergusson, 1990; Saltalı, 2004). Genellikle N'lu ve K'lu gübrelerin ham madde kaynağının Cd içeriğinin 1 mg kg⁻¹'dan daha düşük olduğu açıklanmıştır (Saltalı, 2004). Çinko, bakır gibi ağır metallerin de suda bulunması kadmiyumun zehirli etkisini artırır. Sucul hayatın korunması açısından yüzey suyu ortamlarında maksimum kadmiyum derişiminin 0,0002 mg/l olması önerilmiştir (Bebek, 2001).

Carlgren ve Mattsson (2001), toprağa NPK gübrelemesi sonucunda, şeker pancarının köklerinde Cd içeriğinin arttığını bildirmiştir. Fosforlu gübrelere bağlı olarak topraklara Cd girişi, kullanılan gübrenin çeşidine, gübre üretiminde kullanılan fosfat kayasının kaynağına, uygulanan gübrenin miktarına ve toprak tiplerine bağlı olarak değişebilmektedir. Duraisamy' (2003) ye göre; 1000 mg kg⁻¹ KH₂PO₄ verilmesiyle toprağa, yaklaşık 10 mg kg⁻¹ Cd ilave edilmekte ve birçok bitkiler özellikle hardal topraktan Cd gibi ağır metalleri adsorbe etmektedir (Bolan ve ark, 2003). Fosfor-Cd arasındaki ilişkiyi inceleyen tüm araştırmacılar, toprakta, dolayısıyla bitkide Cd birikiminin P'lu gübre yapımında kullanılan kaya fosfatının orijininin yanı sıra, kullanılan P'lu gübrenin miktarının da etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Topraklara Cd girişinin bir miktarı da atmosferik yollardan, kırsal alanlardaki tarım arazilerine 0.1-4 ng m⁻³ arasında olurken kentsel/endüstriyel alanlarda bulunan arazilerde ise 2-150 ng m⁻³ düzeyindedir (OECD, 1994; Gallego ve ark., 2012). Trafik yoğunluğunun fazla olduğu karayollarının kenarında bulunan topraklar, bitkiler ve konutlar ağır metal kontaminasyonuna uğramaktadır. (Ece, 2001;

Özkutlu, 2004). Araştırmacılar birçok bölgede atmosferik yolla topraklara Cd girişiyle ilgili tahminlerde bulunmuşlardır. Örneğin, Polonya'da 5.0; Batı Almanya'da 4.5; İsveç 3.2; Danimarka'nın kırsal alanlarında 2.0; İngiltere ve Galler ülkesi kırsal alanlarında 2.5; Londra'da 4.0-12.5 ve ABD'de kırsal alanlarda ise yılda hektara 1.1 g Cd girişinin olduğu tahmin edilmektedir (Kabata-Pendias ve Adriano., 1995; Kabata-Pendias ve ark., 2001).

Toprağa verilen arıtma çamurlarından da kadmiyum birikmesi olmaktadır. Arıtma çamurunun doğrudan ve dolaylı olarak toprağı etkilediği bildirilmektedir. Doğrudan etkiler olarak çamurların metal içerikleri ile pH, EC, azot ve çamurun iyonik kapasitesi gibi organik ve inorganik bileşimleri belirtilmektedir (Wegler - Beaton ve ark., 2000). McBride (2003), topraklara kanalizasyon atıkları ve gübrelerle önemli miktarlarda Cd girişi olduğunu ve bu alanlarda yetişen (özellikle yaprakları yenen) sebzelerde Cd'un yüksek oranlarda biriktiğini açıklamıştır. Chaudri ve ark (2001), toprağa kanalizasyon atıklarının uygulanması sonucunda, önemli düzeyde N, P ve organik madde girişinin olmasının yanı sıra toksik elementlerin de ilave edildiğini bildirmiştir. Abdel-Sabour (2001), topraklara endüstriyel (katı ve sıvı) atıkların uygulanması durumunda ve endüstri sahalarının yakınındaki arazilere sürekli olarak Cd girişi olduğunu bildirmiştir.

2.2.Bitkide Tuzluluk ve Kadmiyum

2.2.1.Bitkide Tuz

Bazı bitki tür ve çeşitleri tuzluluktan az düzeyde etkilenirken, bazıları ise ciddi derecede etkilenmekte ve zarara uğramaktadır. Bu tip farklı uyum yetenekleri genetik temellere dayanmaktadır. Bunun yanı sıra herhangi bir bitkinin farklı gelişme dönemleri, tuzun cinsi, konsantrasyonu, uygulama süresi gibi faktörlerin de bitkilerin geliştirdiği savunma mekanizmaları üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Levitt (1980)'e göre bitkiler tuza karşı tepkileri açısından, yüksek tuz konsantrasyonunda yetişen "halofitler" ve tuzlu ortamlara karşı duyarlı olan "glikofitler" olarak iki kısımda incelenmektedir. Halofit bitkiler, tuzlu koşullar altında çevreye uyum sağlayarak kendilerine zarar vermeyecek şekilde gerekli iyonları alır, yapraklarındaki osmotik potansiyeli dengeler ve metabolik olayları yerine getirerek gelişmelerini sürdürürler. Glikofit bitkiler ise tuzlu koşullara karşı daha duyarlıdır ve zarar görebilirler. Neto, (2008) ise tuz etkisini, ozmotik ve iyonik tuz geriliminin temel bileşenleri olarak tanımlanmıştır. Tuzluluk, ozmotik ve iyonik gerilime; ayrıca, hormonal dengesizliğe neden olarak, bitkilerde büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilemektedir (Ashraf ve Foolad, 2007).

Sairam ve Tyagi, (2004) tarafından, yüksek NaCl konsantrasyonlarında büyümedeki azalmanın K^+ alınımındaki azalmadan kaynaklandığı bildirilmiştir. Bitkilerin tuza toleranslarının Na^+ ve K^+ içerikleri ile belirlenmesi, genotiplerin farklı seviyede Na^+ ve K^+ biriktirmeleriyle karakterize edilmiştir (Misra ve Dwivedi 2004). Birçok araştırmada, tuz stresine bağlı olarak Na^+/K^+ oranındaki artışın tuza toleranslı genotiplere göre hassas genotiplerde daha fazla olduğu bildirilmiştir (Sairam ve ark 2002; Khan ve Panda 2008; Kholová ve ark 2010).

Taslak ve ark., (2007) yaptıkları saksı denemesinde, 22 adet arpa genotipinin tuza dayanımlarını, 5 farklı NaCl eriyiği (0, 5, 10, 15 ve 20 dS/m) kullanarak test etmişlerdir. Bu amaçla çıkış ve fide gelişimini incelemişlerdir. İncelenen ögelerden çıkış oranı, kök uzunluğu, sürgün kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve tuza dayanım indeksinin artan NaCl miktarları ile azaldığını, buna karşılık sürgün/kök oranının arttığını belirtmişlerdir.

Ahmed ve ark., (2013) sera koşullarında tuz ve kuraklık stresi yaratarak arpa genotiplerinin tepkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmanın sonucuna göre, her iki strese maruz kalan genotiplerin büyümelerinin önemli oranda azaldığını ve klorofil içeriği, net fotosentez oranının da azaldığını bildirmiştir.

Tuzlu ortamlarda su ve mineral elementlerin yeşil aksama taşınımı sınırlanmaktadır. Kafkafi (1991), yürüttüğü denemede domates ve biber bitkilerini 50 mM NaCl düzeyinde tuz içeren bir ortamda 27 gün yetiştirip ksilem akışı tuzsuz ortamdaki kontrol bitkilerine göre 17-20 kat azaldığını ve ksilemdeki iyon konsantrasyonun 2-3 kat arttığını saptamıştır. Böylece tuzlu ortamdaki su elverişliliği ve mineral element sağlanışı sınırlanmıştır. Bitkiler tarafından alınan aşırı miktardaki tuz, hücre fonksiyonlarını bozar, hücre ve organel zarlarında meydana gelen tahribatlar nedeniyle fotosentez, solunum vb. işlevlerin sekteye uğraması tuz zararının sonuçlarındandır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005; Rady, 2011). Benzer Şekilde, Kanber ve ünlü (2010), toprakta tuz derişiminin artmasıyla birlikte bitkinin topraktan su alımının güçleştiğini, toprağın yapısı bozularak bitki gelişiminin yavaşladığını açıklamışlardır.

Bitkilerde hormonal denge, tuzluluk tarafından etkilenen önemli bir etmendir. Sitokininin düşük düzeyleri, absisik asit ve etilenin aratan miktarları, olgunlaşmanın erken başlamasında etkili olmaktadır. Tuz gerilimi, bitkilerde lme yol açabilmekte, tuz derişimi ve bitkinin dayanıklılığına göre büyümeyi engellemekte, yaprak yanıklığı gibi nekrozlara, klorozlara, döllenme bozukluklarına, meyvelerin kk kalmasına, niteliğin düşmesine ve ürün kayıplarına neden olabilmektedir (zcan ve ark., 2001). Sema, (2001) bildirdiğine göre bitkinin uzun süre tuzluluğa maruz kalması yaşlı yapraklarda temel olarak iyon toksisitesine ve su noksanlığına, bunun yanında daha genç yapraklarda karbonhidrat noksanlığına yol açar.

2.2.2.Bitkide Kadmiyum

Bitkilerin normal Cd düzeyleri 0.1-1 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Alloway, 1995; Kabata- Pendias ve Mukherjee, 2007; Verbruggen ve ark., 2009). Kadmiyum, bitki kökleri tarafından kolaylıkla alınabilir ve yeşil aksamı taşınabilmektedir. Kadmiyum toprakta ağır metaller içerisinde diğerlerinden daha hareketli bir elementtir. Toprak-su sistemi içersinden bitkiye hızlı bir şekilde taşınabilmektedir. Bitkiler için gerekli olmayan Cd elementinin zehirli hali daha çok enzim inhibisyonu şeklindedir (Robinson ve ark., 2000; Carfagna ve ark., 2013). Bitkiler Cd'un daha yüksek dozlarını hayvanlara göre zarar görmeden tolere edebilmektedirler. Aşırı alımı ise bitkileri olumsuz etkilemektedir. Bitkinin Cd alımını yavaşlatan topraktaki kireç miktarı, toprak pH'sı yüksek kil ve fazla humus oranı gibi bazı faktörler vardır (Deng ve ark., 2004).

Bitkiler Cd'ü farklı derecelerde alırlar. Mobil bir element olan Cd apoplastik (kök endodermis hücrelerinin duvarlarından) yol ile taşınmaktadır. Cd kök sitoplazmasına geçerek simplastik taşımayla floeme ve ksileme geçmektedir. (He ve ark., 2005). Kökte bulunan endodermal hücre tabakası, ağır metallerin ksileme ulaşımını apoplastik yoldan engelleyen bir bariyer görevi yapmaktadır. (Tester ve Leigh, 2001; Ueno ve ark., 2008). Ksilem ile ağır metal iletimi bitki türüne ve metal çeşidine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Cd iyon halinde ksilemde taşınmaktadır. Ağır metallerin taşınmasını floemin, muhtemelen ağır metalleri bağlayabilen iyon ve moleküllere sahip protoplazma içermesi zorlaştırmaktadır (Greger, 1999; Peng ve ark., 2006). Cd içeriği bitkide genellikle en fazla kökte sonra gövdede sonra yaprakta sonra meyve ve tohumda tespit edilmiştir (Benavides ve ark., 2005). Topraktaki Cd oranındaki artış bitkinin Cd alımını arttırmaktadır ve çok düşük konsantrasyonlardaki Cd bile bitkiler tarafından kolaylıkla alınmaktadır. Cd, bitkilerin kök, gövde ve yaprak gibi yenen kısımlarında birikmesi nedeniyle canlılar açısından oldukça tehlikelidir (Köleli ve Kantar, 2006). Ağır metale maruz kalmış bitkilerin köklerinin normal bitki köklerine göre daha kısa olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yan köklerde artma ya da azalma ve saçak kök sayısında azalma gözlemlenebilmektedir. Ağır metale maruz kalan bitkide büyüme yavaşlarken kök ve gövdenin taze ve kuru ağırlıklarında azalma meydana gelmektedir (Köleli ve ark., 2004; Sharma ve ark., 2004; Chaoui ve Ferjani, 2005; Lombardi, 2005). Toksik

miktarlardaki Cd'a maruz kalan bitkilerde yaprak yüzey alanı küçülmesi, sararma (kloroz), nekrotik leke oluşumu, yaprak büyümesinin inhibisyonu ve yapraklarda yuvarlanma görülmektedir. Bununla birlikte Cd kökenli demir, fosfor yetersizliği ya da mangan taşınımının engellenmesi yapraklardaki sararmanın nedeni olabilmektedir (Köleli ve ark., 2004; Benavides ve ark., 2005; Lombardi, 2005). Cd bitki fotosentez oranı, enzim aktivitesi ve iyon alımı üzerine olan engelleyici etkilerinden dolayı bitkisel üretimde verim ve kalitenin azalmasına neden olmaktadır (Hassan ve ark., 2005; Siatka ve ark., 2012). Beslenmemizde tahıl ve sebze grupları büyük rol oynamaktadır. Özellikle beslenmemizde büyük rol oynayan tahıllar (buğday, mısır, çeltik) ve sebzelerden yaprakları yenen marul, ıspanak, brokoli, lahana gibi bitkiler Cd'u kolayca absorbe edebilmektedir. Yumru köke sahip ve yaprağı yenen sebzelerde kadmiyum birikimi diğer bitki türlerine göre daha fazla olmaktadır. Tahıllar içerisinde makarnalık buğdayların ekmeklik buğdaylara göre tanelerinde daha fazla kadmiyum biriktirdiği de çeşitli araştırmalarla belirlenmiştir. Literatürde tahıllar grubunun Cd konsantrasyonu ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin; çalışmaların çoğunluğu çeltik, buğday ve mısır üzerine yoğunlaşırken (Yu ve ark., 2006; Amar ve ark., 2007; Wang ve ark., 2007); sebzelerde Cd birikimiyle ilgili daha az çalışma yapıldığı bildirilmiştir. Ancak son yıllarda, yaprağı tüketilen sebzelerde Cd birikimi konusuna özel bir önem verilmeye başlanmıştır. Kadmiyum birikiminin yumru köke sahip ve yaprağı yenen sebzelerde diğer bitki türlerine göre daha yüksek olduğu bilinmektedir.

Chen ve ark. (2007), yapmış olduğu araştırmada, tarla koşullarında iki yıl süreyle 600 arpa genotipinin Cd biriktirme kapasitelerinin belirlenmesine yönelik yapmış olduğu denemede tane arpa Cd konsantrasyonları arasında önemli farklılıkların olduğunu bildirmiştir. Söz konusu araştırmada bazı genotiplerin tahıl taneleri için maksimum izin verilen limitin (0.5 mg kg^{-1}) aşıldığını saptamıştır. En yüksek ve en düşük Cd biriktirme kapasiteleri yönünden % 97,5 oranında fark olduğunu ve en az Cd biriktiren çeşitlerin Beitalys ve Shang genotiplerinin olmasına karşın tanesinde en fazla Cd biriktiren çeşitlerin ise barley 6 ve Zhenong 8 olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçlara ek olarak tane Cd konsantrasyonu ile tane Zn, Cu ve Fe arasında pozitif bir korelasyonun olduğunu ve Mn ile de sinergistik bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

Wu (2007), sera koşullarında su kùltürü denemesinde 1 ve 5 µM Cd dozu uygulayarak dört farklı arpa genotipinin Cd toksisitesine ve verim üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Söz konusu araştırmada Miami 114 genotipinin tane Cd konsantrasyonunun fazla miktarda biriktirmesine karşılık en düşük Cd biriktiren çeşidin ise ZAU genotipinin hem tanelerinde hem de yeşil aksam ve köklerinde en düzeyde Cd biriktirdiğini bildirmiştir. Ayrıca, tane Cd konsantrasyonuyla tane Zn, Cu ve Mn arasında önemli negatif bir ilişkinin olduğunu saptamıştır.

Puertas-Mejia, M., ve ark (2010), iklim odası koşullarında su kùltürü denemeleriyle mısır ve arpa çeşitlerinin artan Cd dozları (0 ve 100 µM) uygulamasında hasat edilen bitkilerde köklerin yeşil aksama göre 18-20 kat daha fazla Cd biriktirdiğini açıklamıştır.

Zheng ve ark. (2011), 3 farklı saksı denemelerinde yapmış olduğu araştırmada arpa bitkilerinin kök, kök uzunluğu ve kök tüycüklerinin Cd alımı ve topraktaki P (fosfor) ile olan ilişkilerini araştırmıştır. Bu araştırmaya göre, topraklara artan düzeyde değişebilir Cd uygulaması sonucunda topraklara P (fosfor) uygulaması artıkça değişebilir Cd'un azaldığını bildirmiştir. Buna ilaveten hem toprak hem de yapraktan P uygulamasıyla kök uzunluğu ve kök oluşumunun azaldığını saptamıştır. Bunun sonucunda artan P uygulamasıyla Cd alımının azaldığını bildirmiştir.

Su kùltüründe Green ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada, buğdaya farklı dozlarda kadmiyum ve çinko uygulanmış, kadmiyum ve çinko etkileşimi incelenmiştir. Bitkiler 21 gün sonunda hasat edilmiş ve sap ve kökler ayrı ayrı analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre artan dozda uygulanan çinko ile sap ve köklerdeki kadmiyum azalmış, artan dozda kadmiyum uygulaması ile bitkinin aldığı çinko miktarında önemli değişiklikler meydana gelmemiştir.

Nada ve ark. (2007), su kùltüründe 14 gün süre ile yetiştirilen Badem (*Prunus dulcis*) bitkisine 25-150 µM Cd uygulaması yaparak bitki mineral içeriğindeki değişimi incelemişlerdir. Araştırmada kök K ve Mg içeriği sadece en yüksek uygulama seviyesinde azalırken, yapraklarda uygulama seviyelerinin hepsinde Ca, Mg ve K konsantrasyonunun azaldığı belirlenmiştir.

Cd hücre zarının geçirgenliğini etkilemekte, su alımını ve hücre zarındaki ADPaz aktivitesini azaltmakta, fotosentezin karanlık evresinde karbondioksit fiksasyonu

aşamasında görevli enzimlerin aktivitesini kısıtlamakta, klorofil biyosentezini inhibe etmekte ve lipid peroksidasyonuna neden olmaktadır (Benavides ve ark., 2005).

Uruç ve ark. (2008), farklı bitki tohumlarının çimlenme, inhibisyon ve su alınımına kadmiyum, kurşun ve nikelin etkisini araştırmışlardır. Tohumlar 0, 80, 160 ve 320 mg.L⁻¹ Cd metal solüsyonları ile işleme alınmıştır. Kontrol dışındaki tüm kadmiyum dozlarında çimlenme gecikmiştir.

Yıldız (2005a), tarafından, besin çözeltilerinde artan konsantrasyonlarda uygulanan Cd'un mısır ve domates bitkilerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada, Cd uygulamasının kuru madde miktarını domates bitkisinde mısırdan daha fazla azalttığı ve kuru madde miktarındaki azalma ile bitki mineral içeriği arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Derici ve ark. (2002), farklı bölgelerden toplanan buğday, patates ve bazı sebzelerdeki Cd kirlenmesinin boyutunu araştırmışlardır. Çalışmada sera denemesinde Cd birikiminde, Zn beslenmesinin ve toprak tuzluluğunun rolü de araştırılmıştır. Araştırmacılar özellikle sebzelerde ve patatesteki çok yüksek değerlerde Cd saptamışlar; Zn eksikliğinde hem Cd adsorpsiyonu hem de taneye Cd taşınımının arttığını belirlemişlerdir.

Pourghasemiana ve ark. (2013), Cd alınımına sıcaklığın etkisini araştırmak için su kültürü ortamında bir çalışma yürütmüşlerdir. Deneme bitkisi olarak aspir bitkisinin 4 farklı yabani (Isfahan, Arak, Azari, ve Shiraz) ve 4 farklı kültürü yapılan (AC-Sterling, 2811, Saffire, ve C111) türü kullanılmıştır. İki farklı sıcaklık derecesinde (18 ve 23 °C), sekiz farklı Cd konsantrasyonu (0, 0.5, 1, 5, 10, 20, 50, 100 ve 500 µM) uygulanmıştır. Cd duyarlılığını belirlemek için bitki toplam ağırlığında Weibull modeli baz alınarak bulunmuştur. Çalışma sonunda yabani aspir türlerinde sıcaklık arttıkça bütün bitki türlerinin kök ve sürgünlerinde Cd konsantrasyonunun arttığı görülmüştür. Kültürü yapılan bitkilerin kök ve sürgünlerinde Cd konsantrasyonu yabani türlere göre daha fazladır.

Kirkham (2006)'nın yapmış olduğu incelemede kadmiyum alımının topraktaki çinko içeriğine bağlı olduğu ve eğer toprağın çinko içeriği düşükse bitkilerin genellikle daha fazla kadmiyum aldıkları fakat besin çözeltilerinde iki iyonun da eşit ama yüksek konsantrasyonda bulunması durumunda çinko alımının kadmiyuma göre yaklaşık iki

katı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca fosfatın kadmiyum yarayırlılığını düşürdüğü, klorürün ise kadmiyumun toprağa bağlanmasını engelleyerek toprak çözeltisinde ve bitkideki kadmiyum konsantrasyonunu arttırdığı bildirilmiştir.

Maejima ve ark. (2007), tarafından yapılan bir saksı denemesinde fasulyenin kadmiyum absorpsiyonu üzerinde CaCl_2 ile yıkamanın etkileri değerlendirilmiş, toprağın yıkanmış veya yıkanmamış olmasının fasulyenin gelişimini önemli derecede etkilemediği fakat tohumdaki kadmiyum konsantrasyonunu % 25'e kadar düşürdüğü sonuçlarına ulaşılmıştır. Ayrıca, toprak çözeltisinde kadmiyumun en çok Cd^{+2} , CdCl^+ ve CdSO_4 formlarında bulunduğu bildirilmiştir.

Çeltik tarlasından alınan topraklarla Livera ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada kadmiyumun çözünürlüğü demir ve çinkoya göre kıyaslanmıştır. Aerobik fazda kükürt eklenmeden Cd/Zn oranının arttığı, kükürt eklenince kükürdün sülfid mineralleri halinde çöktüğü ve Cd/Zn oranının düştüğü, kadmiyumun toprak çözeltisindeki çözünürlüğünün düştüğü bildirilmiştir. Toprağa çinko uygulandığında Cd/Zn oranının yüksek çinko konsantrasyonuna bağlı olarak düşük olduğu, toprağa çinko eklenmesinin toprak çözeltisindeki Cd/Zn oranını yüksek çinko konsantrasyonu sebebiyle düşürmesi açısından uygulanabilir bir metod olduğu çalışma sonuçları arasında yer almaktadır.

Cherif ve ark. (2012), iklim odasında 6 farklı domates genotipi kullanarak petri kutularında çimlenme denemesi kurmuş ve 10 gün sonra ortama $10 \mu\text{M CdCl}_2$ uygulaması ve artan dozlarda Zn (10, 50, 100 ve $150 \mu\text{M Zn}$) uygulamıştır. Analiz sonucunda artan Zn'a bağlı olarak Cd miktarının azaldığını saptamıştır.

Reed ve ark. (2002), farklı pH'ya (4.0, 5.1, 5.8, 6.6 ve 7.3) sahip topraklara artan Cd dozlarının (0, 50, 100 ve $200 \text{ mg Cd kg}^{-1}$) uygulanmasıyla sümbül otu (*Panicum virgatum L.*) bitkisinin biomasında önemli azalmaların olduğunu ve düşük pH ve yüksek pH'a sahip topraklardaki yetişen bitkilerinin Cd konsantrasyonunun karşılaştırılmasında ise önemli düzeyde farklılıkların olduğunu belirtmiştir. Düşük pH'lı toprağa 200 mg kg^{-1} Cd uygulamasında bitki kökünde 900 mg kg^{-1} Cd biriktiği buna karşın nötr toprakta bu oranının çok düşük olduğu saptanmıştır.

2.3.Kadmiyum-Tuz İnteraksiyonları

Topraktaki tuzluluğun (özellikle klorürün) bitkilerde Cd birikimini etkileyen en önemli faktör olduğu giderek yaygınlaşan bir kanı haline gelmiştir. Literatür bilgilerinden anlaşıldığına göre, Cl ile yaptığı kompleksler sonucunda Cd'un katyon değiştirici yüzeylere tutunması azalmakta ve böylece bitkilerce alınma şansının daha fazla olduğu düşünülmektedir. (McLaughlin ve ark., 1994, Smolders ve McLaughlin, 1996; Rady, M., 2011).

Howladar (2014), yaygın fasulye çeşitleriyle kontrollü şartlarda saksılarda 1 mM CdCl₂ ve 90 mM NaCl uygulamasıyla bitki yetiştirilmiştir. Söz konusu çalışmada tuz ve Cd stresine maruz kalan bitkilerin klorofil içeriklerinin, fasulyenin yeşil kabuk verimi ve kabuk protein içeriğinde azalmaların olduğunu saptamıştır.

Pedro ve ark. (2013), sera ortamında yaptıkları çalışmada Cd ve tuzun *Salicornia ramosissima* bitkisinin büyüme periyodu boyunca toksik etki yapıp yapmadığını araştırmışlardır. Bu amaçla iki farklı Cd (50 ve 100 µg l⁻¹) ve tuz (0, 5 ve 10) konsantrasyonu kullanılmıştır. Araştırma sonunda farklı konsantrasyonlarda ki tuz ve Cd uygulamalarının bitki büyümesini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Tuz ve Cd konsantrasyonu arttıkça en yüksek Cd birikiminin bitkinin kökünde olduğu görülmüştür.

Weggler-Beaton ve ark. (2000), hektara 50 ton bitkisel atık uygulaması yaptıktan sonra şeker pancarı ve buğday bitkisinde NaCl tuzunun Cd alımına etkisini araştırmış ve bu amaçla ortama sulama suyuyla 27.4 mM NaCl ilave etmiştir. Bu araştırma sonucunda, her iki bitkinin yeşil aksamında meydana gelen Cd konsantrasyonundaki artıştan sadece toprak çözeltisindeki Cd⁺² iyonunun aktivitesinin sorumlu olmadığı; bu artışta, Cd'un Cl komplekslerinin de etkili olduğu bildirilmiştir.

Smykalova ve Zamecnikova (2003), besin çözeltisi ortamına Cd'un (0.005 ve 0.01 mM) dozlarını ve 100 mM NaCl uygulayarak arpa yeşil aksamında Cd konsantrasyonunu belirlemiştir. Söz konusu araştırmanın bulgularına göre, tuzsuz ortamda her iki Cd uygulamasında Cd'un çoğunlukla köklerde biriktiği saptanmıştır. Ancak Cd-NaCl stresi altında yetişen bitkilerde ortama verilen Cd'un yarısının köklerde biriktiği ve diğer yarısının yeşil aksama taşındığı bulunmuştur.

Kadkhodaie ve ark. (2012) sera koşullarında üç farklı tuz (EC (dS/m): 2, 7, 12) doz uygulamasının ayçiçeği ve sudanotu'nun ağır metal (Cd, Pb ve Ni) alımı üzerine etkisini araştırmışlardır. Buna göre, artan tuzlulukla topraktaki ağır metallerin yarayışlılığının arttığını saptamıştır. Artan tuz uygulamalarının hem ayçiçeğinde hem de sudanotu'nun kök, gövde ve yapraklarında Cd konsantrasyonunun arttığını bildirmiştir.

Schippera ve ark. (2011), fosforlu gübrelerin toprağa Cd girişini araştırmak üzere 23 yıl süren bir araştırma yapmıştır. Söz konusu araştırmada 1983-1989 yılları arası topraklara hektara yılda 0, 30, 50 ve 100 kg normal süper fosfat gübresi, 1989-2006 yılları arası da aynı dozlarda triple süper fosfat gübresi uygulamıştır. Topraktaki total P, Cd ve Uranyum 'um değişimlerinin uygulanan gübre miktarı ve tipi ile ilişkili olduğunu saptamıştır. Kontrol uygulamasının total P, Cd ve U bakımından herhangi bir değişiklik göstermediğini ancak hektara yılda 50 ve 100 kg uygulamalarında hafif eğimli arazilerde total P ve U bakımından artışların olduğunu ve hafif eğimli arazilerde P'un daha fazla biriktiğini bildirmiştir. Söz konusu araştırmada hektara yılda 50 ve 100 kg P'lu gübre uygulamalarında topraklara Cd girişinin sırasıyla 0.036–0.045 mg kg⁻¹ yıl⁻¹, düzeyde olduğunu saptamıştır. En düşük dozda hektara yılda 30 kg P'lu gübre uygulamasıyla sırasıyla Normal süper fosfat gübresi ve triple süper fosfat gübresi uygulamalarıyla 0.005–0.015 mg kg⁻¹ oranında Cd girişi olduğu ve hektara yılda 100 kg P'lu gübre uygulamasıyla ise 0.931mg Cd kg⁻¹ olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçlara göre en uygun dozun hektara yılda 50 kg düşük Cd içerikli gübre uygulamasının uygun olduğunu ve bu uygulamayla asla 1 mg Cd kg⁻¹ geçmeyeceğini belirlemiştir.

Khoshgoftarmensh ve ark. (2008), sera koşullarında buğday bitkisiyle farklı tuz dozları 0, 60, 120, 180 mM NaCl ve 180 mM NaNO₃ ile 0 - 1.5 mg ZnSO₄ kg⁻¹ uygulamasıyla 45 gün süreyle bitki yetiştirmişlerdir. Bu deneme sonucuna göre, hiç Zn verilmeyen uygulamalarda topraktaki Cd'un hareketliliği klor uygulamaları sonucunda arttığını ve yeşil aksam kuru madde veriminde azalmanın olmasına karşın Zn uygulamasıyla toprak çözeltisindeki Cd'un yarayışlılığının azaldığını ve yeşil Cd konsantrasyonunun düştüğünü saptamıştır.

Ondrasek ve ark. (2011), sera koşullarında organik toprak kullanarak farklı NaCl tuz dozları (0, 20, 40 ve 60 mM) ve Cd'un (0.3, 5.5 ve 10.4 mg kg⁻¹) dozlarıyla kavun bitkisinin verim ve bileşenleri üzerine etkisini araştırmıştır. Bu denemeden elde edilen sonuçlara göre, artan tuz dozları uygulamalarında yeşil aksam ve meyve veriminde azalmanın olduğu aynı zamanda bitki dokularında K konsantrasyonunun azaldığı bildirilmiştir. Tuzlu koşullar altında 25 ve 50 gün yetiştirilen bitkilerin Cd konsantrasyonlarında sırasıyla % 87 ve % 46 oranında artışın olduğunu saptamıştır. Yapraklardaki Cd konsantrasyonu meyvelere göre 43 kat daha fazla bulunmuştur. Bunun nedeninde klordan kaynaklandığı ileri sürülmüştür.

Shafi ve ark. (2009), su kültürü denemesinde üç farklı buğday genotipinde NaCl ve Cd birlikte uygulandığında, antioksidan enzim aktiviteleri ve büyüme üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kadmiyum ve NaCl stresinde bitkilerin büyümelerinde ve klorofil içeriğinde azalma olmasına karşın süperoksit dismtaz, katalaz ve peroksidaz enzim aktivitelerinde artışların olduğunu saptamışlardır.

Hosseini ve ark. (2012), ışpanak bitkisinin çimlenmesi zerine NaCl tuzunun (0, 45, 90, 180 mM) dozları ve Cd'un (0, 15, 30, 60 ppm) dozlarını uygulayarak etkilerini araştırmışlardır. Artan Cd dozlarında 180 mM NaCl uygulamasında tohumların çimlenme yüzdeleri ve oranlarının azaldığını saptamıştır. En düşük çimlenme oranı kontrol bitkisine göre 60 ppm Cd ve 180 mM tuz uygulamasında bulunmuştur. Kadmiyum ve NaCl dozları arttıkça yeşil aksam ve köklerde azalmanın olduğunu belirlemiştir.

Sepehr ve Ghorbanli (2006), su kültürü denemesinde farklı NaCl dozları (0, 10, 25,50 mmol/L) ve Cd'un 0, 2.5, 5.0 ve 10.0 mol/L dozlarında mısır bitkisi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Artan Cd dozlarına ve 25–50 mmol/L NaCl uygulamasında bitkilerin büyümelerinde, klorofil ve nişasta içeriğinin azaldığını saptamışlardır.

Huang ve ark. (2007), su kültürü denemesinde 4 arpa genotipinin Cd brikirme ve mineral besin elementleri zerine Cd ve NaCl tuzunun etkisini araştırmıştır. Arpa genotiplerinde Cd miktarı arttıkça yeşil aksam ve köklerde Ca ve Mg konsantrasyonlarının azaldığını saptamıştır. Söz konusu araştırmada Cd uygulandığında kontrol bitkisine göre, yeşil aksamın K (potasyum)

konsantrasyonunda ve köklerin ise hem K hem de Cu konsantrasyonunda artış olduğunu buna karşın yeşil aksam Cu, Fe ve Mn elementleri üzerine önemli etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Kadmiyum ve tuz stresi birlikte diğer besin element konsantrasyonlarını azatlığını saptamışlardır. Kadmiyum ve NaCl tuzuna maruz kalan genotiplerin duyarlı olanların dayanıklı olanlara göre daha yüksek miktarda besin elementi içermediğini belirlemişlerdir. Bu durumu Na ve Cd arasında bitkiye taşınım yönünden bir yarış ve dengeden kaynaklandığını açıklamışlardır.

Lefevre ve ark. (2009), halofit bitki türlerinden (*Atriplex halimus L*) bitkisi 50 mM NaCl, KCl ve NaNO₃ farklı formdaki tuz dozları ve 50 µM CdCl₂ uygulaması altında 12 ve 14 gün boyunca su kültürü uygulaması altında yetiştirmişlerdir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, KCl ve NaCl uygulamalarının yeşil aksam Cd konsantrasyonunu NaNO₃'a göre daha az Cd biriktirdiğini bildirmiştir.

3.MATERYAL VE METOD

3.1.Materyal

3.1.1.Toprak Örneğinin Alınması, Deneme ve Analize Hazırlanması

Araştırmada, arpa bitkilerinin kadmiyum (Cd) alımları üzerine etkisini belirlemek amacıyla Ordu Üniversitesi Uygulama Arazisinden alınan toprak kullanılmıştır. Toprağın analize hazırlanması Jackson (1962) tarafından bildirilen esaslara uygun olarak 0 – 20 cm derinlikten alınıp, seraya getirilen topraklar polietilen yaygılar üzerine serilerek gölge bir yerde kurutulmuş, iri taşlar ayıklandıktan sonra kesekler tahta tokmakla ezilip, 4 mm'lik elekten geçirilmiştir. Bu topraktan 1 kg kadar alınıp 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve cam kavanoza doldurularak analizlerde kullanılmak üzere laboratuvara getirilmiştir.

Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede Kullanılan Toprağın Fiziksel Özellikleri

Tekstür	Kireç %	Organik Madde %	pH 1:2,5	EC(μ s/cm) 1:2,5
Tın	3,2	1,45	7,42	332

Çizelge 3.2. Denemede Kullanılan Toprağın Kimyasal Özellikleri

Makro Elementler				Mikro Elementler				
mg kg ⁻¹								
P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Cu	Mn
14,26	198,9	5526,1	142,7	50	7,5	1	1,9	5,5

Çizelge 3.3. Denemede Kullanılan Arpa Çeşitleri ve Özellikleri

Çeşitler	Özellikleri	
Avcı 2002	Altı Sıralı	Yemlik
Aydan Hanım	İki Sıralı	Maltlık
Bilgi 91	İki Sıralı	Maltlık ve Yemlik
Bornova 92	İki Sıralı	Yemlik
Bülbül	İki Sıralı	Yemlik
Çetin 2000	Altı Sıralı	Yemlik
Edirne Trakya Sladoran	İki Sıralı	Maltlık
Fahrettin Bey	İki Sıralı	Maltlık ve Yemlik
Hilal	İki Sıralı	Yemlik
Kaya	İki Sıralı	Maltlık
Süleyman Bey	İki Sıralı	Yemlik
Şerife Hanım	İki Sıralı	Maltlık
Tarım 92	İki Sıralı	Maltlık
Trakya Bolayır	İki Sıralı	Maltlık
Yerçil	İki Sıralı	Maltlık
Zeynel Aga	İki Sıralı	Maltlık

3.2. Metod

3.2.1. Saksı Denemelerinin Kurulması ve Yürütülmesi

3.2.1.1. Kadmiyum-Tuz Etkileşim Denemesi

Ordu Üniversitesi uygulama alanı seralarında tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 16 çeşit X 4 doz X 3 tekerrür olmak üzere toplam 192 saksılık deneme kurulmuştur. Kadmiyum-Tuz etkileşiminin araştırıldığı deneme, 2 L'lik plastik saksılarda 1.650 kg toprak kullanılarak yürütülmüştür. Temel gübreler olarak denemede her bir saksıya 200 mg kg⁻¹ N {Ca(NO₃)₂.4H₂O formunda}, 100 mg kg⁻¹ P {KH₂PO₄ formunda}, 2.5 mg kg⁻¹ Fe (Fe-EDTA formunda) ve 2 mg kg⁻¹ Zn {ZnSO₄ formunda} uygulanmıştır. Deneme bitkisi olarak Türkiye'nin tarımsal üretiminde yaygın olarak ekimi yapılan 16 arpa çeşidi kullanılmıştır. Denemenin amacına göre farklı dozlarda Cd uygulamaları yapılmıştır. Denemede; Cd, (Cd₃SO₄)₃.8H₂O formundan Cd 5 ve Cd 10 mg kg⁻¹, tuz ise NaCl formu kullanılarak 3000 mg kg⁻¹

olarak iki defada verilmiştir. İlk kısım tohumların ekimi ile birlikte verilmiştir. Kalan yarısı da bir hafta sonra saksılara uygulanmıştır. Her saksıya 10 tohum ekimi yapılmış ve çimlenme tamamlandıktan sonra 6 bitki olarak seyreltilmiştir. Sera koşullarında saksıların nem içeriği tarla kapasitesinde olacak şekilde günlük olarak saf su ile sulanmıştır. Saksıların sera içersindeki ışıktan yararlanmalarını homojen olarak sağlamak amacıyla saksılar 3 gün aralıklarla randomize edilmiştir. 70 gün boyunca yetiştirilen bitkiler yapılan gözlem sonuçları dikkate alınarak hasat edilmiştir.

3.2.2.Bitkilerin Hasadı ve Analizlere Hazırlanması

Arpa bitkilerinin hasadı, 08.12.2012 – 16.02.2013 tarihleri arasında 70 günlük bir gelişme süresi sonunda gerçekleşmiştir. Hasat işlemi kök ile gövdenin birleştiği kısımlarından, paslanmaz çelik bir makasla yapılmıştır. Hasat edilen arpa bitkilerinin sapları kese kağıtlarına doldurulmuştur.

Hasat edilen bitkiler önce musluk suyu daha sonra saf su ve deiyonize su ile yıkanmış ve filtre kağıdı yardımı ile iyice kurulanmıştır. Yıkanan bitkiler daha önceden numaralandırılan temiz kese kağıtlarına konularak laboratuvara götürülmüştür.

Bitki örnekleri kurutma dolabında 65 - 70 °C'de kurutulmuş, kuru ağırlıkları belirlenmiş, cam kavanozlu blenderde öğütülmüş ve plastik örnek kaplarına konularak analiz için laboratuvara götürülmüştür.

3.2.3. Bitki Analizleri

Denemeden elde edilen bitki örnekleri (yeşil aksam örnekleri) 70 °C'de etüvde 48 saat kurutulup, ağırlıkları alındıktan sonra agat değirmende öğütülmüştür. Öğütülen örneklerden 0.25 gram ve alınarak 2 ml saf su, 2 ml H₂O₂ (% 30'luk) ve 4 ml HNO₃ (% 65'lik) içeren bir karışımı içinde mikro dalgada yakılmıştır (Milestone, Italya). Yakılan örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra saf su ile 20 ml'ye tamamlanarak mavi bant filtre kağıdı ile süzölmüştür. Bu şekilde hazırlanan örneklerin Cd konsantrasyonu ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emmission Spectrometer; Varian ICP-OES Vista Pro) ile belirlenmiştir. Yapılan analizlerin doğruluğu, National Institute of Standards and Technology (ABD)'den sağlanan standart referans (Peach leaves 1547 ve 1567a wheat flour) örneklerle

(yaprak ve tane örnekleriyle) kontrol edilmiştir. Yapılan analizlerin referans örneklerle karşılaştırılmasıyla okuma hatalarının çoğunlukla % 1 ve altında olduğu görülmüştür.

3.2.4. Kullanılan Analiz Yöntemleri

Toprak pH'sının Belirlenmesi

Toprak reaksiyonu, cam elektrotlu pH-metre ile 1:2.5'luk toprak-su karışımında belirlenmiştir (Jackson, 1964).

Toprak Tuzunun Belirlenmesi

Toprak tuzluluğu örnekleri doygunluk çamuru hazırlandıktan sonra kondaktivite aleti kullanılarak elektriksel iletkenliğin ölçülmesi ile belirlenmiştir (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Toprak Tekstürü'nün Belirlenmesi

Toprak tekstürü, Hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Bouyoucous, 1952).

Toprak Organik Maddesi ve Kireç Belirlenmesi

Organik madde Walkley-Black yaş yakma metodu (Jackson, 1964) ve kireç ise Scheibler kalsimetresi (Çağlar, 1949) yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

DTPA'da Ekstakte Edilebilir Mikroelementler: Alınabilir Zn, Fe, Mn ve Cu elementlerinin analizleri kireçli topraklar için gösterilen DTPA-TEA ekstraksiyon çözeltisiyle yapılmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978).

Fosfor Tayini

Olsen yöntemine göre, ekstrakt çözeltisine geçen fosfor, molibdofosforik mavi renk yöntemine göre belirlenmiştir (Olsen, S. R., F.S. Watanable, 1957).

Alınabilir Katyonlar

Örneklerin alınabilir Na, K, Ca, Mg değerleri 1 N Amonyum asetat yöntemine göre pH değeri 7 olan 1 N NH₄OAc ile çalkalanarak elde edilen süzüklerde Na, K, Ca değerleri alev fotometrede, Mg değerleri ise atomik absorpsiyon spektrofotometresinde tayin edilmiştir (Pratt, 1965).

Bitki Analizleri

P, K, Fe, Mn, Zn ve Cu tayinleri kül fırınında 550 °C’de yapılan kuru yakma işlemini takiben, P tayini Barton yöntemine göre spektrofotometrede, K tayini fleymfotometrede, Fe, Mn, Zn ve Cu tayinleri atomik absorpsiyon spektrofotometrede yapılmıştır.

3.2.5. Sonuçların değerlendirilmesi ve istatistiksel yöntemler

Çalışmada elde edilen sonuçlar; “SAS” istatistik paket programı kullanılarak tesadüf blokları deneme deseninde faktöriyel düzende varyans analizi tekniğine göre değerlendirilmiş ve yapılan varyans analizi sonucunda farklı grupları tespit etmede çoklu karşılaştırma yöntemlerinden LSD testi kullanılmıştır (Yurtsever, 1984; İkiz vd., 2000).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Bulguları

4.1.1. Kadmiyum-Tuz Etkileşim Denemesi

Arpa bitkilerin Cd alımı üzerine farklı dozlarda uygulanan tuz'un (NaCl) etkisini araştırmak üzere 4 farklı dozda deneme yapılmıştır. Denemede elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Farklı NaCl dozları (0-3000 mg kg⁻¹) ve farklı Cd dozları (5 ve 10 mg kg⁻¹) uygulaması altında sera koşullarında yetiştirilen 16 Arpa çeşitlerinin yeşil aksam kuru madde verimi mg bitki⁻¹ (Sonuçlar ± 3 paralelin ortalaması şeklindedir).

Çeşitler	NaCl	Cd 5	Cd 10	Ortalama	
Avcı 2002	0	466 j-m	481 j-m	473	f-j
	3000	347 s-y	286 y-z	316	op
	Ort.	406 F-H	383 GH	395	DE
Aydan Hanım	0	670 ab	409 n-u	539	c-e
	3000	503 g-k	436 k-r	470	f-j
	Ort.	586 A	422 FG	504	AB
Bilgi 91	0	570 d-h	601 b-e	586	abc
	3000	447 j-q	436 k-r	441	h-k
	Ort.	509 B-D	519 B-D	514	A
Bornova 92	0	591 c-f	638 a-e	614	a
	3000	451 j-q	349 s-y	400	k-m
	Ort.	521 B-D	493 DE	507	A
Bülbül	0	509 g-k	509 g-k	509	d-f
	3000	383 p-w	297 x-z	340	n-p
	Ort.	446 EF	403 F-H	424	D
Çetin 2000	0	461 j-o	477 j-m	469	f-j
	3000	339 t-y	254 z	297	p
	Ort.	400 F-H	365 H	383	E
Edirne Trakya Sladoran	0	455 j-p	446 j-q	451	g-k
	3000	307 w-z	319 v-z	313	op
	Ort.	381 GH	383 GH	382	E
Fahrettin Bey	0	517 f-j	491 i-m	504	e-g
	3000	377 q-w	334 u-y	355	m-o
	Ort.	447 EF	413 F-H	430	CD

Çizelge 4.1. Farklı NaCl dozları (0-3000 mg kg⁻¹) ve farklı Cd dozları (5 ve 10 mg kg⁻¹) uygulaması altında sera koşullarında yetiştirilen 16 Arpa çeşitlerinin yeşil aksam kuru madde verimi mg bitki⁻¹ (devamı).

Çeşitler	NaCl	Cd 5	Cd 10	Ortalama	
Hilal	0	564 e-1	609 b-e	586	a-c
	3000	416 m-t	433 k-r	425	j-l
	Ort.	490 DE	521 B-D	505	AB
Kaya	0	571 c-g	637 a-e	604	ab
	3000	447 j-q	437 k-r	442	h-k
	Ort.	509 B-D	537 A-D	523	A
Süleyman Bey	0	570 d-h	698 a	634	a
	3000	437 k-r	423 l-s	430	ı-l
	Ort.	504 CD	560 AB	532	A
Şerife Hanım	0	594 b-e	607 b-e	600	ab
	3000	515 f-j	447 j-q	481	f-ı
	Ort.	554 A-C	527 B-D	541	A
Tarım 92	0	476 j-m	494 h-l	485	e-h
	3000	367 r-x	324 v-z	345	n-p
	Ort.	421 FG	409 F-H	415	DE
Trakya Bolayir	0	437 k-r	469 j-m	453	g-k
	3000	340 t-y	297 x-z	319	op
	Ort.	389 GH	383 GH	386	E
Yerçil	0	625 a-e	648 a-c	636	a
	3000	381 p-w	382 p-w	382	l-n
	Ort.	503 CD	515 B-D	509	A
Zeynel Aga	0	643 a-d	475 j-m	559	b-d
	3000	387 o-v	364 r-x	376	l-n
	Ort.	515 B-D	420 F-H	468	BC
G.Ortalama		474 A	453 B		

0	545	<i>a</i>	543	<i>a</i>	544	A
3000	403	<i>b</i>	364	<i>c</i>	383	B

LSD(%5)_{çesit} 1,944x1,9786

LSD(%5)_{Cd} 6,876x1,9786

LSD(%5)_{tuz} 6,876x1,9786

LSD(%5)_{çesitxCd} 27,505x1,9786

LSD(%5)_{çesitxtuz} 27,505x1,9786

LSD(%5)_{tuzxCd} 9,724x1,9786

LSD(%5)_{çesitxtuzxCd} 30,90x1,9786

Tuz'suz koşullarda Cd 5 mg kg⁻¹ uygulanıldığı arpa çeşitlerinde kuru madde verimi izelge 4.1. de verilmiştir. Yeşil aksam kuru madde verimi çeşitler arasında tesaduf parsellerinde faktoriyel deneme desenine göre p<0.0001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Hiç tuz (NaCl) verilmeyen Cd 5 (mg kg⁻¹) verilen dozda en yüksek kuru madde verimi 670 mg bitki⁻¹ ile Aydan Hanım eşidinde olduğu bunu takiben sırasıyla 643 mg bitki⁻¹ ile Zeynel Ağa, 625 mg bitki⁻¹ ile Yerçil eşitlerinin kuru madde verimi diğer çeşitlere göre yüksek bulunmuştur. Aynı dozlarda en düşük kuru madde verimi mg bitki⁻¹ olarak Trakya Bolayir eşidinde 437 bulunmuşken bunu sırasıyla Edirne Trakya Sladoran eşidi 455, etin 2000 eşidi 461 ve Avcı 2002 eşidi ise 466 mg bitki⁻¹ kuru madde üretmiştir (izelge 4.1.).

Artan NaCl 3000 mg kg⁻¹ ve Cd 5 mg kg⁻¹ uygulanıldığı dozda ise arpa çeşitlerinde kuru madde verimi 515 mg bitki⁻¹ ile en yüksek şerife Hanım eşidi görülürken bunu takiben sırasıyla 503 mg bitki⁻¹ ile Aydan Hanım ve 451 mg bitki⁻¹ ile Bornova 92 eşitlerinin kuru madde verimleri yüksek çıkmıştır. Artan NaCl 3000 ve Cd 5 mg kg⁻¹ uygulanıldığı arpa çeşitlerinde kuru madde verimi en düşük 307 mg bitki⁻¹ ile Edirne Trakya Sladoran eşidinde görülmekte iken bunu takiben 339 mg bitki⁻¹ ile etin 2000, 340 mg bitki⁻¹ ile Trakya Bolayir ve 347 mg bitki⁻¹ ile Avcı 2002 eşitlerinin kuru madde verimleri düşük çıkmıştır.

Tuzsuz koşullarda Cd 10 mg kg⁻¹ uygulanıldığı arpa çeşitlerinde en yüksek kuru madde verimi 698 mg bitki⁻¹ olarak Süleyman Bey eşidi görülürken bunu takiben sırasıyla 648 mg bitki⁻¹ ile Yerçil, 638 mg bitki⁻¹ ile Bornova 92 eşitlerinin kuru madde verimi diğer çeşitlere göre yüksek çıkmıştır. En düşük kuru madde verimi Aydan Hanım eşidinde 409 mg bitki⁻¹ iken sırasıyla Edirne Trakya Sladoran 446, Zeynel Ağa 475 ve etin 2000 eşidinde ise 477 mg bitki⁻¹ olarak kuru madde verimi düşük bulunmuştur.

Artan tuz uygulamasıyla (NaCl 3000 mg kg⁻¹) ve Cd 10 mg kg⁻¹ uygulamasında en yüksek kuru madde verimi şerife Hanım eşidinde 447 mg bitki⁻¹ olduğu bulunmuştur. şerife hanım çeşidinde ortama hiç tuz verilmediğinde kuru madde verimi 607 mg bitki⁻¹ iken ortama 3000 mg kg⁻¹ NaCl uygulandığında % 26,3 düşüşle 447 mg bitki⁻¹ kuru madde ürettiği belirlenmiştir. Artan tuz ve Cd 10 mg kg⁻¹ dozunda en düşük kuru madde verimi etin 2000 eşidinde 254 mg bitki⁻¹ olduğu saptanmıştır. Söz konusu çeşit ortamda hiç tuz yokken Cd 10 mg kg⁻¹ dozunda 477 mg bitki⁻¹ iken artan tuz dozu ile birlikte % 46,7 azalarak 254 mg bitki⁻¹ kuru madde üretmiştir (izelge 4.1.).

Çizelge 4.2. Farklı NaCl dozları (0-3000 mg kg⁻¹) ve farklı Cd dozları (5 ve 10 mg kg⁻¹) uygulaması altında sera koşullarında yetiştirilen 16 Arpa çeşitlerinin yeşil aksam Cd konsantrasyonları mg kg⁻¹ (Sonuçlar ± 3 paralelin ortalaması şeklindedir).

Çeşitler	NaCl	Cd 5	Cd 10	Ortalama	
Avcı 2002	0	14,77 t-y	24,61 k-o	19,69	lm
	3000	35,57 f-h	44,61 cd	40,09	ab
	Ort.	25,17 EF	34,61 AB	29,89	A
Aydan Hanım	0	9,87 y-]	17,10 r-w	13,49	o-r
	3000	20,60 o-s	29,71 ı-k	25,15	ı-k
	Ort.	15,23 L-O	23,41 FG	19,32	F-H
Bilgi 91	0	9,60 y-]	18,87 q-t	14,24	n-q
	3000	28,90 ı-l	41,62 c-e	35,26	c-e
	Ort.	19,25 H-K	30,25 CD	24,75	B-D
Bornova 92	0	6,90]	13,43 u-\	10,17	rs
	3000	20,67 o-s	33,26 g-ı	26,96	h-j
	Ort.	13,79 M-O	23,35 FG	18,57	GH
Bülbül	0	8,38 \-]	14,20 t-[11,29	p-s
	3000	18,80 q-t	28,28 ı-m	23,54	jk
	Ort.	13,59 N-O	21,24 G-I	17,41	HI
Çetin 2000	0	13,88 t-[21,03 o-s	17,45	mn
	3000	28,13 ı-m	45,14 c	36,64	b-d
	Ort.	21,01 G-J	33,08 BC	27,04	B
Edirne Trakya Sladoran	0	13,29 v-\	24,69 k-o	18,99	m
	3000	31,43 h-j	50,51 ab	40,97	a
	Ort.	22,36 F-H	37,60 A	29,98	A
Fahrettin Bey	0	10,81 x-]	26,87 j-n	18,84	m
	3000	23,61 m-q	39,57 d-f	31,59	e-g
	Ort.	17,21 K-N	33,22 BC	25,22	B-D
Hilal	0	6,51]	9,45 z-]	7,98	s
	3000	21,61 o-r	24,16 l-p	22,89	kl
	Ort.	14,06 M-O	16,81 K-N	15,43	I
Kaya	0	9,27 z-]	20,85 o-s	15,06	no
	3000	15,27 t-x	39,25 ef	27,26	hı
	Ort.	12,27 O	30,05 CD	21,16	E-G
Süleyman Bey	0	9,32 z-]	16,07 s-w	12,70	o-r
	3000	21,87 n-r	45,34 bc	33,60	d-f
	Ort.	15,59 K-O	30,71 CD	23,15	DE

Çizelge 4.2. Farklı NaCl dozları (0-3000 mg kg⁻¹) ve farklı Cd dozları (5 ve 10 mg kg⁻¹) uygulaması altında sera koşullarında yetiştirilen 16 Arpa çeşitlerinin yeşil aksam Cd konsantrasyonları mg kg⁻¹ (devamı).

Çeşitler	NaCl	Cd 5	Cd 10	Ortalama	
Şerife Hanım	0	8,45 \-]	18,59 q-u	13,52	o-r
	3000	24,23 l-o	46,23 bc	35,23	c-e
Ort.		16,34 K-N	32,41 BC	24,38	CD
Tarım 92	0	9,07 [-]	12,40 w-\	10,74	q-s
	3000	25,71 k-o	39,37 ef	32,54	e-g
Ort.		17,39 J-M	25,88 EF	21,64	EF
Trakya Bolayir	0	14,41 t-z	17,63 r-v	16,02	m-o
	3000	21,52 o-r	38,20 e-g	29,86	gh
Ort.		17,97 I-L	27,92 DE	22,94	DE
Yerçil	0	10,53 x-]	18,98 p-t	14,76	n-p
	3000	22,91 n-q	52,19 a	37,55	a-c
Ort.		16,72 K-N	35,58 AB	26,15	BC
Zeynel Aga	0	9,45 z-]	16,28 s-w	12,87	o-r
	3000	23,14 m-q	37,93 e-g	30,53	f-h
Ort.		16,30 K-N	27,10 DE	21,70	EF
G.Ortalama		17,14 B	28,95 A		

0	10,28	<i>d</i>	18,19	<i>c</i>	14,24	B
3000	24,00	<i>b</i>	39,71	<i>a</i>	31,85	A

LSD(%5)_{çesit} 1,314x1,9786

LSD(%5)_{Cd} 0,465x1,9786

LSD(%5)_{tuz} 0,465x1,9786

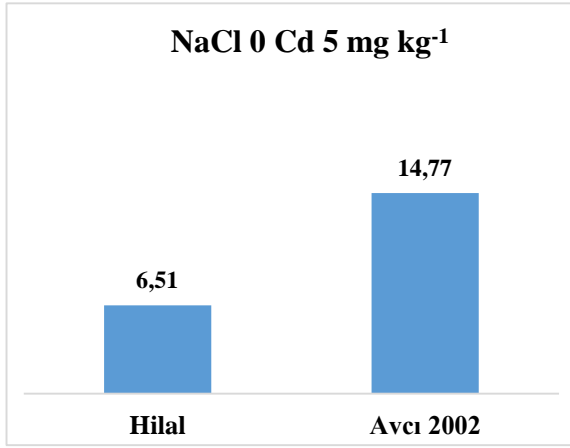
LSD(%5)_{çesitxCd} 1,859x1,9786

LSD(%5)_{çesitxtuz} 1,859x1,9786

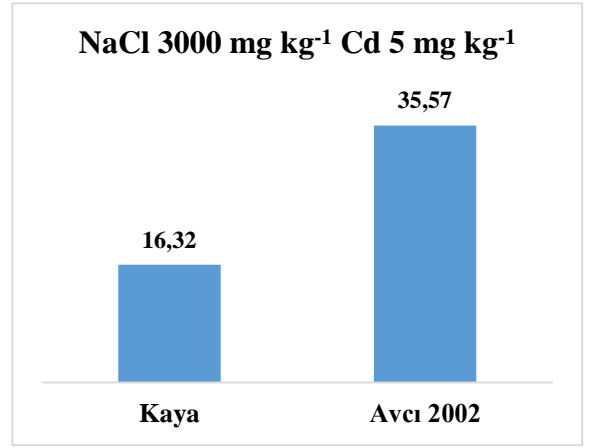
LSD(%5)_{tuzxCd} 0,657x1,9786

LSD(%5)_{çesitxtuzxCd} 2,629x1,9786

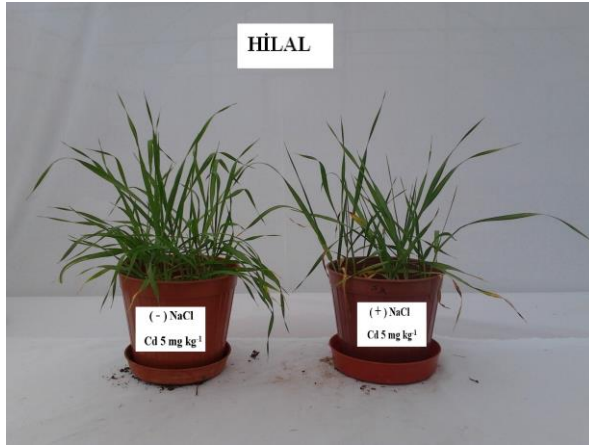
Farklı tuz ve Cd dozlarının uygulandığı arpa çeşitlerinin yeşil aksam Cd konsantrasyonu Çizelge 4.2. de verilmiştir. Yeşil aksam Cd konsantrasyonu çeşitler arasında tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre $p < 0.0001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Hiç tuz verilmeyen Cd 5 mg kg⁻¹ uygulandığı koşullarda arpa çeşitlerinin Cd konsantrasyonu en yüksek 14,77 mg kg⁻¹ olarak Avcı 2002 ve Trakya Bolayir çeşidi de 14,41 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Çeşitler arasında en düşük Cd konsantrasyonu 6,51 mg kg⁻¹ olarak Hilal çeşidinde bulunmuştur (Şekil 4.3.). Bunu sırasıyla düşükten yükseğe doğru Bornova 92 çeşidi 6,90 ve 8,38 mg kg⁻¹ ile Bülbül çeşidi izlemiştir (Çizelge 4.2).



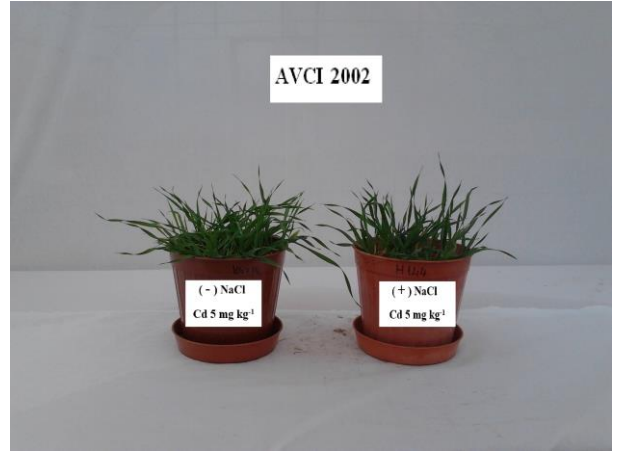
Şekil 4.1. Tuz'suz Cd 5 mg kg⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük ve en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşitler (mg kg⁻¹).



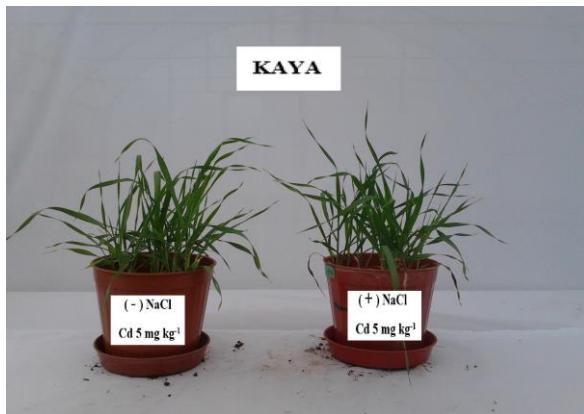
Şekil 4.2. NaCl 3000 ve Cd 5 mg kg⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük ve en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşitler (mg kg⁻¹).



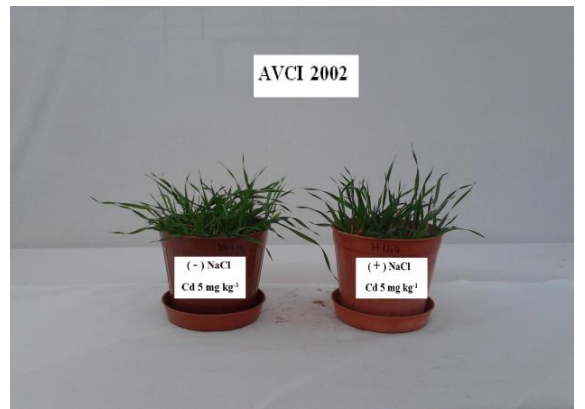
Şekil 4.3. Tuz'suz Cd 5 mg kg⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg⁻¹).



Şekil 4.4. Tuz'suz Cd 5 mg kg⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg⁻¹).



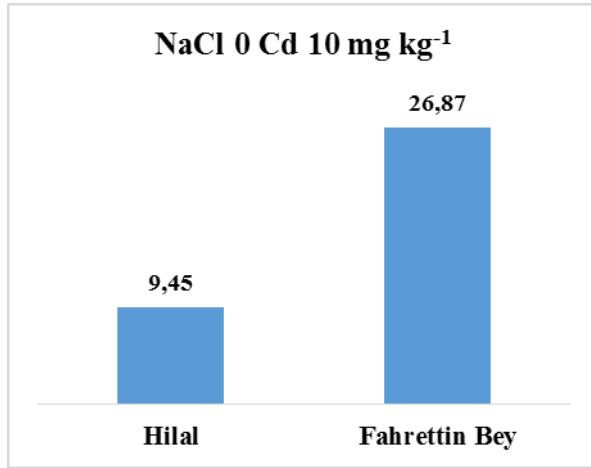
Şekil 4.5. NaCl 3000 Cd 5 mg kg⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg⁻¹).



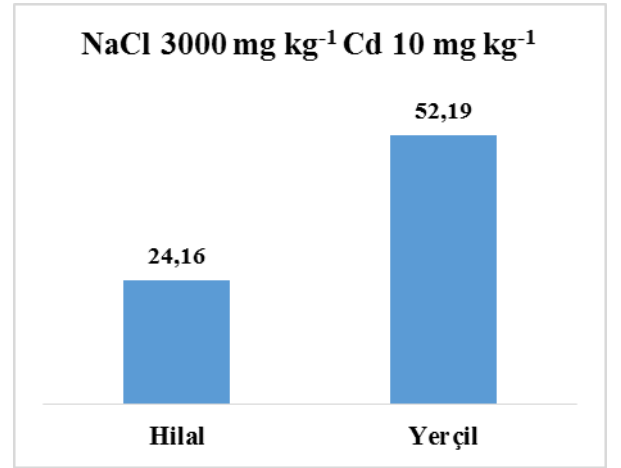
Şekil 4.6. NaCl 3000 Cd 5 mg kg⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg⁻¹).

Artan NaCl (3000 mg kg^{-1}) ve Cd 5 mg kg^{-1} uygulandığında en yüksek Cd konsantrasyonu Avcı 2002 çeşidinde $35,57 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu saptanmıştır (Şekil 4.6.). Söz konusu çeşit hem tuz'suz koşullarda hem de tuzlu koşullarda Cd 5 mg kg^{-1} uygulandığında en yüksek miktarda Cd biriktirmiştir. Tuzsuz koşulda yeşil aksam Cd konsantrasyonu $14,77 \text{ mg kg}^{-1}$ iken ortama tuz verildiğinde (3000 mg kg^{-1}) % 140 düzeyinde artarak $35,57 \text{ mg kg}^{-1}$ olmuştur. Artan NaCl (3000 mg kg^{-1}) ve Cd 5 mg kg^{-1} uygulamasında Cd biriktirme yönünden en düşük Cd konsantrasyonu $9,27 \text{ mg kg}^{-1}$ ile Kaya çeşidinde olduğu saptanmıştır. Kaya çeşidi ortama NaCl(3000 mg kg^{-1}) tuzu uygulandığında Cd konsantrasyonunda %74,7 artış meydana gelerek $16,32 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak yükseldiği belirlenmiştir.

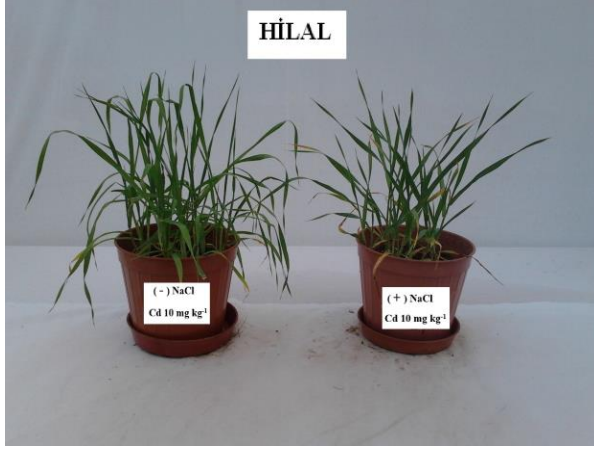
Ortama hiç tuz verilmeden Cd 10 mg kg^{-1} uygulandığı koşullarda en yüksek Cd konsantrasyonu Fahrettin Bey çeşidinde $26,87 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Aynı koşullarda en düşük yeşil aksam Cd konsantrasyonu Hilal çeşidinde $9,45 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu belirlenmiştir. Söz konusu dozlarda en yüksek ile en düşük yeşil aksam Cd konsantrasyonu yönünden Hilal çeşidi Fahrettin Bey çeşidine göre %64.8 daha düşük çıkmıştır (Sekil 4.7.).



Şekil 4.7. Tuz'suz Cd 10 mg kg^{-1} uygulaması altında yetiştirilen en düşük ve en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşitler (mg kg^{-1}).



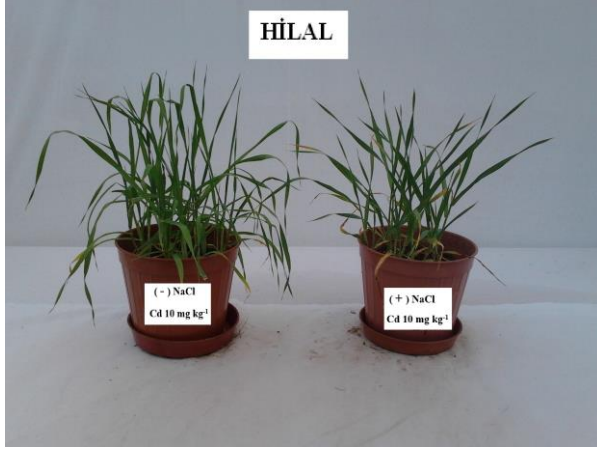
Şekil 4.8. NaCl 3000 mg kg^{-1} ve Cd 10 mg kg^{-1} uygulaması altında yetiştirilen en düşük ve en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşitler (mg kg^{-1}).



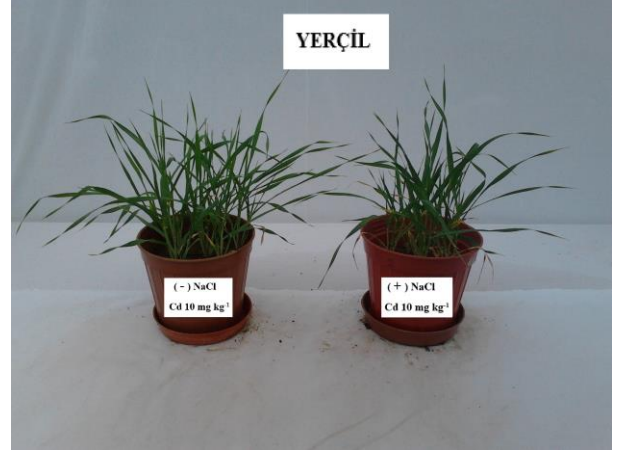
Şekil 4.9. Tuz'suz Cd 10 mg kg⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg⁻¹).



Şekil 4.10. Tuz'suz Cd 10 mg kg⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg⁻¹).



Şekil 4.11. NaCl 3000 Cd 10 mg kg⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en düşük Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg⁻¹).



Şekil 4.12. NaCl 3000 Cd 10 mg kg⁻¹ uygulaması altında yetiştirilen en yüksek Cd konsantrasyonuna sahip çeşit (mg kg⁻¹).

Artan NaCl (3000 mg kg⁻¹) ve Cd 10 mg kg⁻¹ dozunda en yüksek Cd konsantrasyonu Yerçil çeşidinde 52,19 mg kg⁻¹ iken (Şekil 4.12.) en düşük Cd konsantrasyonu Hilal çeşidinde 24,16 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur (Şekil 4.11.). Tuzsuz ortamdaki Cd 10 mg kg⁻¹ uygulandığı koşullardaki Cd konsantrasyonunun tuzlu koşullara göre Yerçil çeşidinde %175 oranında artış göstererek yeşil aksam Cd konsantrasyonu 52,19 mg kg⁻¹ olmuştur. Ortama hiç tuz uygulaması olmadığında en az Cd biriktiren Hilal çeşidi olup yeşil aksam Cd konsantrasyonu 9,45 mg kg⁻¹ düzeyinde iken ortama 3000 mg kg⁻¹ NaCl tuzu verildiğinde bu oran %155,6 artış göstererek 24,16 mg kg⁻¹ olarak

yükselmiştir. Hem tuzsuz hem de tuzlu Cd 10 mg kg⁻¹ uygulandığı koşullarda en az Cd biriktiren Hilal çeşididir (Çizelge 4.2.).

Ortama hiç tuz verilmediğinde artan Cd dozuna karşı (5 ve 10 mg kg⁻¹) dozları uygulandığında yeşil aksam Cd konsantrasyonu sırasıyla Hilal çeşidinde 6,51 mg kg⁻¹ ve 9,45 mg kg⁻¹ ile diğer çeşitlere göre en az Cd biriktirdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2.). Aynı koşullarda en fazla Cd biriktiren ise Avcı 2002 çeşidi olup sırasıyla 14,77 ve 24,61 mg kg⁻¹ düzeyinde olduğu bulunmuştur. Bu değerlere göre, en az miktarda Cd biriktiren Hilal çeşidinin tuzsuz koşullarda artan Cd dozlarında (5ve 10 mg kg⁻¹) kuru madde verimi sırasıyla 564 mg bitki⁻¹ ve 609 mg bitki⁻¹ olarak diğer çeşitlere göre daha fazla miktarda kuru madde verimine sahip olmuştur. En yüksek miktarda Cd biriktiren Avcı 2002 çeşidinin tuzsuz koşullarda artan Cd dozlarında (5 ve 10 mg kg⁻¹) kuru madde verimi sırasıyla 466 mg bitki⁻¹ ve 481 mg bitki⁻¹ ile diğer çeşitlerle kıyaslandığında düşük olduğu saptanmıştır. Tuz'suz ve Cd 5 mg kg⁻¹ uygulamasının tuzlu koşullara göre Hilal çeşidinin Avcı 2002 çeşidine nazaran daha az Cd biriktirdiği bulunmuştur. Bu sonuçlar göre, Hilal çeşidinin tuzlu ve tuzsuz koşullarda artan Cd dozlarında diğer çeşitlere kıyasla daha dayanıklı buna karşın Avcı 2002 çeşidinin ise en dayanıksız olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı Kadmiyum Uygulamaları Altında Yetiştirilen Arpa Bitkilerinde Farklı Tuz Uygulamalarının Etkisinin Yeşil Aksam Makroelement Konsantrasyonları üzerine etkisi (%). (Sonaçlar±3 paralelin ortalaması şeklindedir).

Yeşil Aksam Makroelement konsantrasyonları (%)

Çeşitler	NaCl 0 Cd 5 mg kg ⁻¹					NaCl 3000 Cd 5 mg kg ⁻¹					NaCl 0 Cd 10 mg kg ⁻¹					NaCl 3000 Cd 10 mg kg ⁻¹				
	P	K	Ca	Mg	S	P	K	Ca	Mg	S	P	K	Ca	Mg	S	P	K	Ca	Mg	S
Avcı 2002	0,31	4,36	1,04	0,14	0,26	0,37	3,84	1,47	0,13	0,25	0,40	4,30	0,84	0,12	0,22	0,34	3,90	1,35	0,13	0,29
Aydan Hanım	0,57	4,79	1,25	0,14	0,21	0,41	4,45	1,37	0,12	0,27	0,43	4,72	0,89	0,11	0,24	0,40	4,14	1,16	0,11	0,33
Bilgi 91	0,33	4,03	0,93	0,13	0,14	0,32	3,88	1,60	0,12	0,18	0,32	4,41	0,95	0,12	0,15	0,32	3,88	1,60	0,12	0,22
Bornova 92	0,33	4,04	0,87	0,13	0,13	0,28	3,65	1,45	0,13	0,18	0,28	4,24	0,90	0,14	0,15	0,31	3,97	1,59	0,13	0,24
Bülbül	0,42	4,69	1,06	0,14	0,17	0,35	3,86	1,38	0,12	0,20	0,37	4,86	1,00	0,13	0,19	0,32	3,54	1,41	0,11	0,25
Çetin 2000	0,37	4,12	0,98	0,13	0,17	0,34	3,78	1,30	0,12	0,22	0,37	4,58	0,97	0,13	0,21	0,37	3,99	1,40	0,13	0,30
Edirne Trakya. S	0,43	4,59	1,04	0,12	0,17	0,39	4,15	1,41	0,11	0,24	0,44	5,32	0,99	0,13	0,28	0,40	4,49	1,35	0,12	0,29
Fahrettin Bey	0,40	4,08	0,91	0,11	0,13	0,15	2,61	1,30	0,27	0,27	0,43	5,67	1,09	0,15	0,24	0,33	4,17	1,40	0,12	0,25
Hilal	0,38	3,93	1,29	0,19	0,14	0,31	4,05	1,42	0,12	0,18	0,29	4,28	1,28	0,19	0,15	0,33	3,69	1,92	0,15	0,21
Kaya	0,32	4,00	1,00	0,14	0,13	0,15	2,52	1,93	0,15	0,19	0,29	4,20	0,99	0,14	0,15	0,31	4,55	1,63	0,14	0,22
Süleyman Bey	0,36	4,46	1,03	0,16	0,14	0,30	3,44	1,59	0,13	0,16	0,33	4,31	1,03	0,17	0,14	0,37	4,26	1,66	0,16	0,24
Şerife Hanım	0,31	4,34	1,03	0,14	0,15	0,32	3,66	1,67	0,13	0,18	0,29	4,71	0,98	0,14	0,16	0,35	4,55	1,53	0,13	0,24
Tarım 92	0,41	4,52	1,12	0,15	0,17	0,29	3,75	1,39	0,11	0,20	0,34	5,12	1,06	0,16	0,22	0,35	3,91	1,53	0,13	0,29
Trakya Bolayır	0,48	5,15	1,23	0,15	0,21	0,33	3,93	1,47	0,12	0,22	0,36	4,99	1,08	0,14	0,22	0,39	4,56	1,48	0,14	0,30
Yerçil	0,39	4,09	0,95	0,12	0,13	0,31	3,63	1,46	0,11	0,20	0,38	4,16	1,03	0,13	0,16	0,34	4,13	1,73	0,13	0,24
Zeynel Aga	0,41	4,10	0,89	0,12	0,15	0,32	3,58	1,39	0,11	0,19	0,34	4,86	1,04	0,13	0,21	0,36	4,30	1,51	0,13	0,27

Tuz'suz koşullarda Cd 5 mg kg⁻¹ uygulamasında bitkinin Fosfor (P) konsantrasyonu ortama 3000 mg kg⁻¹ NaCl tuzu verildiğinde azaldığı görülmektedir. Cd 5 mg kg⁻¹ verildiği saksılarda artan tuzun Fosfor (P) alınımını sınırladığı görülmektedir. Cd 10 mg kg⁻¹ uygulanan saksılarda ortama NaCl (3000 mg kg⁻¹) tuzu uygulandığında Fosfor (P) konsantrasyonunun çoğu bitkide düştüğü ancak bazı bitkilerde az miktarda arttığı görülmektedir. Tuzsuz koşullarda Cd 10 mg kg⁻¹ uygulandığı saksılar Cd 5 mg kg⁻¹ uygulamasına göre daha düşük fosfor biriktirmiştir. Artan tuz ve Cd dozlarının bitkilerin Fosfor (P) alınımını sınırladığı saptanmıştır.

NaCl tuzunun uygulanmadığı Cd 5 mg kg⁻¹ uygulandığı saksılarda Potasyum (K) konsantrasyonu NaCl 3000 mg kg⁻¹ uygulanan saksılara nazaran düşük çıkmıştır. NaCl tuzunun 3000 mg kg⁻¹ ve Cd 10 mg kg⁻¹ uygulandığı saksılardaki Potasyum (K) konsantrasyonları NaCl tuzunun uygulanmadığı saksılarla kıyaslandığında çarpıcı bir şekilde düştüğü görülmektedir. Cd 5 mg kg⁻¹ ve Cd 10 mg kg⁻¹ dozlarında ortama tuz verilmediğinde Potasyum (K) konsantrasyonundaki değerler karşılaştırıldığında Cd dozunun artışının Potasyum (K) alımı üzerine arttırıcı bir etkisi olduğu fakat ortama tuz ilave edildiğinde her iki Cd dozunda Potasyum konsantrasyonunun tablodaki değerlerde de görüldüğü gibi ciddi bir şekilde azaldığı bulunmuştur.

NaCl tuzunun uygulanmadığı Cd 5 mg kg⁻¹ ve Cd 10 mg kg⁻¹ dozlarında Kalsiyum (Ca) konsantrasyonunun birbirine yakın olduğu ve çok ciddi değişimlerin olmadığı görülmektedir. Ortama NaCl (3000 mg kg⁻¹) tuzu ilave edildiğinde her iki Cd (5 ve 10 mg kg⁻¹) dozunda da Kalsiyum (Ca) birikiminin çarpıcı olarak arttığı saptanmıştır.

Tuz'suz ve Cd 5 mg kg⁻¹ uygulandığı saksılarda ve tuzun uygulanmadığı Cd 10 mg kg⁻¹ olarak arttırıldığı saksılarda Magnezyum (Mg) konsantrasyonu çok yakın çıkmıştır ve çoğunlukla değişiklik görülmemiştir. Artan NaCl (3000 mg kg⁻¹) tuzu uygulamasında ise her iki Cd (5 ve 10 mg kg⁻¹) dozlarında Magnezyum (K) birikiminde azalma saptanmıştır. Tuzsuz koşullarda Cd 5 mg kg⁻¹ ve Cd 10 mg kg⁻¹ uygulandığında Kükürt (S) konsantrasyonunda çok ciddi değişimler görülmese de Cd 10 mg kg⁻¹ dozunda bazı çeşitlerde arttığı görülmektedir. NaCl (3000 mg kg⁻¹) tuzunun ortama ilavesi ile Kükürt (S) konsantrasyonunun arttığı ve bu artışın Cd 10 mg kg⁻¹ dozunda daha fazla olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Farklı Kadmiyum Uygulamaları Altında Yetiştirilen Arpa Bitkilerinde Farklı Tuz Uygulamalarının Etkisinin Yeşil Aksam Mikroelement Konsantrasyonları üzerine etkisi (mg kg^{-1}). (Sonaçlar \pm 3 paralelin ortalaması şeklindedir).

Yeşil Aksam Mikroelement konsantrasyonları mg kg^{-1}

Çeşitler	NaCl 0 Cd 5 mg kg^{-1}				NaCl 3000 Cd 5 mg kg^{-1}				NaCl 0 Cd 10 mg kg^{-1}				NaCl 3000 Cd 10 mg kg^{-1}			
	Fe	Cu	Mn	Zn	Fe	Cu	Mn	Zn	Fe	Cu	Mn	Zn	Fe	Cu	Mn	Zn
Avcı 2002	121	9,2	48	53	219	9,6	43	63	80,1	8,0	32,4	40	109	7,5	48	48
Aydan Hanım	118	10,4	63	64	98	9,4	50	63	71,5	7,1	38,8	43	80	7,6	41	49
Bilgi 91	82	8,1	31	41	121	8,7	42	52	67,3	7,6	30,5	37	124	8,7	41	43
Bornova 92	79	7,6	34	42	141	7,7	42	49	77,0	7,1	34,4	37	103	8,7	48	46
Bülbül	113	8,4	46	54	89	8,2	39	55	88,7	7,2	38,7	45	80	7,5	39	45
Çetin 2000	99	8,6	43	45	87	9,6	44	49	79,1	8,1	37,7	38	125	9,9	48	45
Edirne Trakya Sladoran	102	9,3	43	47	93	10,5	48	48	80,9	9,8	43,4	42	124	9,9	52	41
Fahrettin Bey	91	8,4	35	44	99	4,1	61	25	89,5	8,3	35,4	43	96	7,6	35	36
Hilal	108	11,0	49	46	81	7,5	40	39	85,6	9,5	51,2	39	141	8,2	50	40
Kaya	110	8,5	40	41	134	7,2	69	43	80,8	8,0	37,9	40	106	9,1	41	42
Süleyman Bey	86	9,4	35	46	124	7,6	39	42	77,9	7,3	27,1	38	94	8,7	37	39
Şerife Hanım	107	8,4	45	37	88	7,9	45	40	71,3	7,1	30,7	33	123	7,8	45	36
Tarım 92	152	8,6	57	58	80	7,7	51	45	82,1	7,6	61,5	47	92	7,8	57	57
Trakya Bolayır	157	10,5	36	56	107	8,5	48	51	93,9	8,0	43,6	40	127	8,8	41	46
Yerçil	149	9,0	28	47	95	7,8	40	40	116,1	7,8	38,7	42	105	9,6	53	58
Zeynel Aga	258	7,9	31	38	99	6,7	46	37	99,7	7,3	44,2	38	142	8,3	50	43

NaCl tuzunun uygulanmadığı ve Cd 5 mg kg⁻¹ olarak verildiği saksılarda yetiştirilen arpa bitkilerinin Demir (Fe) konsantrasyonları ortama NaCl (3000 mg kg⁻¹) tuzu ilave edildiğinde Cd konsantrasyonları yüksek olan çeşitlerde ciddi oranda yüksek, Cd konsantrasyonları düşük olan çeşitlerde ise düşük çıkmıştır. Örneğin Cd biriktirme oranı en yüksek olan Avcı 2002 çeşidinde Demir (Fe) konsantrasyonu %81 oranında artış görülürken, en düşük Cd biriktiren Hilal çeşidinin Demir konsantrasyonu %25 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Tuzun uygulanmadığı koşullarda Cd dozunun arttırılmasıyla (10 mg kg⁻¹) Demir (Fe) konsantrasyonunda düşüş görülmüştür. Bu düşüşler NaCl tuzunun arttırılması ile değişmemiş ve Cd artışına bağlı olarak hem tuzlu hem de tuzsuz koşullarda Demir (Fe) konsantrasyonunda düşük çıkmıştır. Cd 10 mg kg⁻¹ dozunda Demir (Fe) konsantrasyonu tuz artışına bağlı olarak artmıştır. Cd 5 mg kg⁻¹ dozunda artışın fazla olması ve Cd biriktiren çeşitlere göre değişmesini göz önünde bulundurduğumuzda Cd dozu arttıkça bitkilerin Demir (Fe) birikimleri sınırlanmaktadır. Cd 5 mg kg⁻¹ ve Cd 10 mg kg⁻¹ dozlarında ortama NaCl (3000 mg kg⁻¹) tuzu uygulandığında Bakır (Cu) konsantrasyonunu düşük çıkmıştır. Artan Cd (10 mg kg⁻¹) uygulamasında Cd 5 mg kg⁻¹ dozuna kıyasla tuzlu ve tuzsuz koşullarda Bakır (Cu) konsantrasyonu yine düşük bulunmuştur. Artan NaCl (3000 mg kg⁻¹) ve Cd (10 mg kg⁻¹) dozları bitkilerdeki Bakır (Cu) alınımını sınırlamaktadır. Cd 5 mg kg⁻¹ dozunda NaCl tuzunun verildiği saksılarda yetişen bitkilerdeki Mangan (Mn) birikimi NaCl 3000 mg kg⁻¹ uygulamasına göre düşük çıkmıştır. Bu fark Cd 10 mg kg⁻¹ uygulamasında daha çarpıcı olarak görülmektedir. Cd 10 mg kg⁻¹ dozunda NaCl (3000mg kg⁻¹) uygulandığı koşullarda tuzsuz koşullara göre daha fazla Mangan konsantrasyonu görülürken, Cd dozunun arttırıldığı saksılarda Mangan (Mn) konsantrasyonunun düştüğü görülmektedir.

Tuz'suz ve Cd 5 mg kg⁻¹ uygulandığı saksılarda yetişen bitkilerin Çinko (Zn) konsantrasyonları Cd birikimine paralel olarak değişmiştir. Örneğin Cd konsantrasyonu yüksek olan Avcı 2002 çeşidinin Çinko (Zn) konsantrasyonu artarken, Cd biriktirme yönünden düşük olan Hilal çeşidinin Çinko (Zn) konsantrasyonu düşmüştür. Tuzsuz ve NaCl (3000 mg kg⁻¹) koşullarında Cd dozunun 10 mg kg⁻¹ olarak arttırılması ile bitkilerdeki Çinko (Zn) konsantrasyonu azalma göstermiştir.

4.2.Tartışma

Son yıllarda Cd ve tuzluluk arasındaki ilişkisi yaygın bir şekilde araştırılmaktadır. Tuzluluk ülkemiz ve diğer ülke topraklarının giderek büyüyen önemli bir sorunudur. Dünyada her yıl 10 milyon hektar arazinin tuzluluk etkisiyle elden çıkması sorunun boyutunu yansıtmaktadır (Kwiatowski, 1998). Türkiye’de ise 1.5 milyon hektardan fazla alanda tuzluluk ve sodyumluluk sorununun olduğu bilinmektedir (Sönmez, 2004). Toprakta NaCl ve diğer çözülebilir tuz miktarının artması, tarımsal alanlarda bitki verimliliği ile ürün kalitesini sınırlamaktadır (Ashraf ve Foolad., 2007; Koca ve ark, 2007). Bitkilerdeki büyüme sınırlamaları ve verim kalitesinin bozulmasından dolayı bazı bitkiler tuzluluk sorununa karşı savunma mekanizmaları geliştirmiştir. Örneğin, bazı bitki kökleri, tuzları geçirmeyen ancak su moleküllerinin geçmesine de engel olmayan yarı-geçirgen hücre zarlarına sahiptirler. Öte yandan, bazı bitkiler özellikle tohumlarının çimlenmesi veya fide devrelerinde tuzluluğa karşı oldukça duyarlıdır (Ekmekçi ve ark., 2005). Kanber ve Ünlü, (2010) toprakta tuz derişiminin artmasıyla birlikte bitkinin topraktan su alımının güçleştiğini, toprağın yapısı bozularak bitki gelişiminin yavaşladığını açıklamışlardır. Bitkiler tarafından alınan aşırı miktardaki tuz, hücre fonksiyonlarını bozar, hücre ve organel zarlarında meydana gelen tahribatlar nedeniyle fotosentez, solunum vb. işlevlerin sekteye uğraması tuz zararının sonuçlarındandır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005; Rady, 2011). Yüksek tuz konsantrasyonu bitkilerin verim ve kalitelerinde azalmaya neden olmakla birlikte toprağın fiziksel yapısında da özellikle Na iyonunun baskın olması durumunda önemli zararların oluşmasına neden olmaktadır (Sönmez ve Sönmez 2007). Tuzluluğun bitki gelişimi üzerine olumlu veya olumsuz etkileri birçok bitki üzerinde denenmiş ve araştırmacılar tarafından yaygın olarak incelenen bir konu haline gelmiştir (Ekmekçi ve ark 2005).

Dünya ve ülkemiz topraklarında tuzluluk giderek artış göstermektedir. Bu artışın yanısıra topraklara gübreleme veya endüstriyel atıklarla Cd girişinin artmasıyla Cd ve tuz ilişkisinin yaygın bir şekilde araştırılmasını sağlamıştır. Literatürlerde topraklarda tuz birikiminin olduğu alanlarda bitkilerin Cd alımında artışların olduğu çok sayıda araştırma ile incelenmiştir (Shafi ve ark., 2009; Hosseini ve ark., 2012). Smolders (2011), özellikle Zn eksikliği görülen ve Cl⁻ anyonunun fazla olduğu alanlarda topraktaki Cd’un yayırlılığının arttığını ve kolaylıkla bitkiye taşındığını

bildirmiştir. Kirkham (2006), yaptığı araştırmada topraktaki Cd birikimini etkileyen faktörler olarak pH, organik madde, tuz ve Zn olduğunu açıklamıştır. Söz konusu araştırmacı Zn eksikliği görülen ve asit koşullarda bitkilerin daha fazla Cd aldığını bildirmiştir. Aynı araştırmacı Cl^- uygulamalarının Cd yararışlılığını arttırdığını oysa silicon uygulamasının ise Cd yararışlılığını azalttığını saptamıştır. Tuzlu alanlarda bitkilere Cd'un taşınımını arttırdığı çalışmalardan anlaşılmaktadır. Bu nedenle tuzlu alanlarda tuzluluğa karşı duyarlı ve dayanıklı bitkilerin ve aynı bitkilerin çeşitlerinin Cd biriktirme durumlarının incelenmesi öncelikli konular arasında yer aldığından bu tez çalışmasında Türkiye'de yaygın olarak üretilen 16 arapa çeşidinin tuz'suz ve tuzlu koşullarda Cd alımı incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında elde ettiğimiz sonuçlara göre, tuz uygulamalarının bitkilerin kuru madde verimi azalttığı ve azalmanın artan Cd uygulamalarıyla daha da arttığı bulunmuştur. Diğer çarpıcı bir sonuç da arpa çeşitlerinin Cd biriktirme kapasiteleri üzerine olmuş ve $p < 0.0001$ düzeyinde önemli ilişkinin olduğu bulunmuştur. Buna göre, sera koşullarında 16 arpa çeşidi kullanarak yürüttüğümüz tuz ve Cd etikleşiminin araştırıldığı bu tez çalışmasında yeşil aksam kuru madde verimi hiç tuz (NaCl) verilmeyen Cd 5 mg kg^{-1} verilen dozda en yüksek kuru madde verimi 670 mg $bitki^{-1}$ ile Aydan Hanım çeşidinde olduğu en düşük kuru madde verimi mg $bitki^{-1}$ olarak Trakya Bolayır çeşidinde 437 bulunmuştur. Artan NaCl 3000 mg kg^{-1} ve Cd 5 mg kg^{-1} uygulandığı dozda arpa çeşitlerinde kuru madde verimi 515 mg $bitki^{-1}$ ile en yüksek Şerife Hanım çeşidinde görülürken en düşük 307 mg $bitki^{-1}$ ile Edirne Trakya Sladoran çeşidinde olduğu saptanmıştır. Artan Cd (10 mg kg^{-1}) ve tuz uygulamasıyla (NaCl 3000 mg kg^{-1}) en yüksek kuru madde verimi Şerife Hanım çeşidinde 447 mg $bitki^{-1}$ olduğu bulunmuştur. Şerife hanım çeşidinde ortama hiç tuz verilmediğinde kuru madde verimi 607 mg $bitki^{-1}$ iken ortama 3000 mg kg^{-1} NaCl uygulandığında % 26,3 düşükle 447 mg $bitki^{-1}$ kuru madde ürettiği belirlenmiştir. Benzer sonuçlar literatürlerde yer almaktadır. Örneğin, Pedro ve ark. (2013), sera koşullarında yapmış oldukları denemede Cd ve tuz stresinin birlikte olduğu dozlarda *Salicornia ramosissima* bitkisinin yeşil aksam kuru madde veriminin önemli ölçüde azaldığını açıklamışlardır. Diğer bir araştırmada ise Khoshgoftarmensh ve ark. (2008), sera koşullarında buğday bitkisiyle farklı tuz ve dozları 0, 60, 120, 180 mM NaCl ve 180 mM $NaNO_3$ uygulamaları sonucunda artan tuz uygulamasında buğday bitkisinin

yeşil aksam kuru madde veriminin azaldığını ve bitkiye Cd taşınımının arttığını bildirmiştir. Bir benzer çalışmada kavun bitkisinde Ondrasek ve ark. (2011), tarafından sera koşullarında organik toprak kullanarak farklı NaCl tuz dozları (0, 20, 40 ve 60 mM) ve Cd (0.3, 5.5 ve 10.4 mg kg⁻¹) dozlarının verim üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışması sonucuna göre artan tuz ve Cd uygulamasında kavun bitkisinin yeşil aksam kuru madde veriminde azalmanın olduğunu saptamışlardır. Yıldız (2005a) tarafından, su kültürü ortamında artan konsantrasyonlarda uygulanan Cd'un mısır ve domates bitkilerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan araştırmada, Cd uygulamasının kuru madde miktarını domates bitkisinde mısırdan daha fazla azalttığı ve kuru madde miktarındaki azalma ile bitki mineral içeriği arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Hem tuz'suz koşullarda hem de artan tuz ve Cd uygulamalarının arpa çeşitlerinin Cd biriktirmesi üzerine olan etkileri p<0.0001 düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Hiç tuz verilmeyen Cd 5 mg kg⁻¹ uygulandığı koşullarda arpa çeşitlerinin Cd konsantrasyonu en yüksek 14,77 mg kg⁻¹ olarak Avcı 2002 en düşük Cd konsantrasyonu 6,51 mg kg⁻¹ olarak Hilal çeşidinde bulunmuştur (Çizelge 4.2, Şekil 4.3.). Wu (2007) tarafından yapılan benzer bir araştırma sera koşullarında su kültüründe yapılmıştır. Bu araştırma da 4 farklı arpa çeşidinde ortama hiç tuz verilmeden Cd'un 1 ve 5 µM Cd dozu uygulayarak çeşitler arasında farklılık araştırılmıştır. Söz konusu çalışmaya göre, hem tane verimi hem de yeşil aksam kuru madde verimi üzerine olan etkilerini farklı olduğunu saptamıştır. Araştırma sonuçlarına göre, Miami 114 genotipinin tane Cd konsantrasyonun yüksek olmasına karşın en düşük Cd biriktiren çeşidin ise ZAU genotipi olduğunu açıklamıştır. Yapılan başka bir araştırmada da su kültürü çalışmasında mısır ve arapa çeşitlerinin Cd (0 ve 100 µM) dozları uygulamasında artan Cd'a bağlı olarak hem mısır hem de arpa bitkilerinin köklerindeki Cd konsantrasyonunun yeşil aksama göre 18-20 kat daha fazla Cd biriktirdiğini açıklamıştır (Puertas-Mejia ve ark 2010).

Artan NaCl (3000 mg kg⁻¹) ve Cd 5 mg kg⁻¹ uygulandığında en yüksek Cd konsantrasyonu Avcı 2002 çeşidinde 35,57 mg kg⁻¹ olduğu en düşük Cd konsantrasyonu 9,27 mg kg⁻¹ ile Kaya çeşidinde olduğu saptanmıştır (Şekil 4.6.). Buna göre, Kaya çeşidinin Cd konsantrasyonunda tuz uygulamasından kaynaklanan artış %74,7 düzeyinde olarak 16,32 mg kg⁻¹'e yükseldiği belirlenmiştir.

Ortama hiç tuz verilmeden Cd 10 mg kg⁻¹ uygulandığı koşullarda en yüksek Cd konsantrasyonu Fahrettin Bey çeşidinde 26,87 mg kg⁻¹ olduğu en düşük yeşil aksam Cd konsantrasyonu ise Hilal çeşidinde 9,45 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır. Bu bulgulara göre, en yüksek ile en düşük yeşil aksam Cd konsantrasyonu yönünden Hilal çeşidi Fahrettin Bey çeşidine göre %64.8 daha düşük çıkmıştır (Şekil 4.7.).

Artan NaCl (3000 mg kg⁻¹) ve Cd 10 mg kg⁻¹ dozunda en yüksek Cd konsantrasyonu Yerçil çeşidinde 52,19 mg kg⁻¹ iken (Şekil 4.12.) en düşük Cd konsantrasyonu Hilal çeşidinde 24,16 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur (Şekil 4.11.). Ortama hiç tuz uygulaması olmadığında en az Cd biriktiren Hilal çeşidi olup yeşil aksam Cd konsantrasyonu 9,45 mg kg⁻¹ düzeyinde iken ortama 3000 mg kg⁻¹ NaCl tuzu verildiğinde bu oran %155,6 artış göstererek 24,16 mg kg⁻¹ olarak yükselmiştir. Hem tuz'suz hem de tuzlu Cd 10 mg kg⁻¹ uygulandığı koşullarda en az Cd biriktiren Hilal çeşidinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.2.). Arpa bitkisi üzerine literatürlerde özellikle Cd'un hem tane taşınımı hem de yeşil aksam taşınımı üzerine araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin Chen ve ark. (2007) tarafından yapılan araştırmada, iki yıl üst üste tarla koşullarında 600 arpa genotipinin Cd biriktirmesini belirlemiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre genotipler arasında Cd biriktirme yönünden önemli farklılıkların olduğunu belirlemiştir. Arpa genotiplerinin taneleri arasında en yüksek ve en düşük Cd konsantrasyonu arasında % 97,5 oranında bir fark olduğunu bildirilmiştir.

Topraktaki tuzluluğun (özellikle klorürün) bitkilerde Cd birikimini etkileyen en önemli faktör olduğu çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Topraktaki Cl'un muhtemelen yaptığı kompleksler sonucunda Cd'un katyon değiştirici yüzeylere tutunması azalmakta ve böylece bitkilerce alınma şansının daha fazla olduğu düşünülmektedir. (McLaughlin ve ark., 1994, Smolders ve McLaughlin, 1996; Rady, 2011). Bu olası durumu ve tez çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçları destekleyen birçok araştırma bulunmaktadır. Örneğin, Howladar (2014), bazı fasulye çeşitleriyle kontrollü şartlarda saksılarda 1 mM CdCl₂ ve 90 mM NaCl uygulaması sonucunda tuz ve Cd stresine maruz kalan bitkilerin klorofil içeriklerinin azaldığı ve yeşil aksam Cd konsantrasyonlarının arttığını saptamıştır. Yapılan başka bir araştırmada da Pedro ve ark., (2013), sera koşullarında ortamında yaptıkları çalışmada iki farklı Cd (50 ve 100 µg l⁻¹) ve tuz (0, 5 ve 10) konsantrasyonu *Salicornia ramosissima* bitkisine uygulamıştır. Araştırma sonucuna göre artan Cd ve tuz uygulamasında bitki

büyümesinin gerilediği ve Cd konsantrasyonunda artışların olduğunu belirlemiştir. Sonuçlarımızı destekleyen diğer bir araştırma da Smykalova ve Zamecnikova (2003) tarafından besin çözeltisi ortamına Cd (0.005 ve 0.01 mM) ve 100 mM NaCl dozlarını uygulamaları sonucunda artan tuz ve Cd uygulamalarında arpa bitkisinin yeşil aksamında Cd konsantrasyonunun arttığını ve buna bağlı olarak yeşil aksam kuru madde veriminin azaldığını saptamıştır. Bu araştırmada belirlenen diğer bir parametrede de artan tuz ve Cd uygulamalarında Cd'un çoğunlukla bitki köklerinde biriktiğini saptamıştır. Huang ve ark. (2007) tarafından 4 arpa genotipinin Cd ve tuz stresi ortamında su kültürü denemesinde genotiplerin Cd biriktirme ve mineral besin elementleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Tuz ve Cd stresi altında genotiplerin duyarlı olanların dayanıklı olanlara göre daha yüksek miktarda diğer besin elementlerini içermediğini belirlemiştir. Bu durumda Na ve Cd arasında bitkiye taşınım yönünden bir yarış ve dengeden kaynaklandığını açıklamışlardır.

Burada sunulan tez çalışmasında toprakta Cd ve tuz'un bulunduğu durumlarda bitkilere Cd taşınımının daha fazla olduğunu göstermektedir. Litetartür bilgilerine göre gıdalarda Cd birikimi ve bunun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri çok tartışılan konulardan biridir. Bu tez çalışmasıyla, 16 arpa çeşidinin tuzlu topraklarda Cd'un birikme kapasiteleri belirlenmiş ve taşınımın minimize edilmesinde dayanıklı olan Hilal ve Kaya çeşitleri belirlenmiştir. En duyarlı çeşitler olarak ise Avcı-2002 ve Fahrettin Bey çeşitleri bulunmuştur.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Toprak ve bitkilerde Cd kirlenmesi giderek arttığına yönelik literatürlerde yığın bir kanı vardır. Topraklara Cd girişi birçok kaynaktan olmaktadır. Atmosferik emisyonlar, kanalizasyon çamurları ya da fazla miktarda Cd içeren P'lu gübre kullanımı gibi değişik kaynaklar Cd kirliliğine büyük oranda neden olmaktadır. Toprakların Cd kirliliğine yol açan önemli kaynaklardan birisi P'lu (fosforlu) gübrelerdir. Fosforlu gübreler bitkisel üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması için gereklidir. Fosforlu gübreler üretildiği kaya fosfatlarının kaynağına bağlı olarak topraklarda Cd kirliliğine yol açmaktadır (Karaca, 1997). Topraklara P'lu gübrelerden daha az miktarda Cd girişini sağlamak amacıyla gübre üretim aşamasında metalleri ekstrakte etmek veya daha düşük Cd içerikli ham kaya fosfatı kullanılmalıdır. Gelişmiş ülkelerde P'lu gübre üretiminde kullanılan ham kaya fosfat'ından yararlanmayla ilgili olarak yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu yasal düzenlemeler ile topraklara daha az miktarda Cd girişi sağlanması amaçlanmıştır. Ülkemizde de toprakların Cd statüsü belirlemeye yönelik birçok araştırma bulunmaktadır (Al-Shawi ve Dahl 1999). Çevre Ve Orman Bakanlığının Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde belirtildiği üzere kadmiyumun topraktaki kirlilik sınır değeri pH 5-6 arası olan topraklarda 1 mg kg^{-1} pH'sı 6 olan topraklarda ise 3 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün bildirdiğine göre haftalık 0.4-0.5 mg (60 kg'lık insan için) tolere edilebilir olarak kabul edilmektedir. Vücuda alınan kadmiyumun %3-8'i özellikle ciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Bu miktar Cd tüm vücutta bulunan miktarın yaklaşık %50'si kadardır. Kadmiyumun biyolojik yarılanma ömrünün insanlarda uzun olması sonucunda (19-38 yıl), ciğer ve böbreklerdeki kadmiyum miktarı yaşa bağlı olarak artmaktadır. Bu nedenle yüksek Cd'dan kaynaklanan böbrek rahatsızlıkları genellikle elli yaşın üzerindeki insanlarda görülmektedir (Özbek ve ark., 1995).

Dünyada arid ve semi-arid bölgelerde sulanan alanların % 20'sinde tuzluluk problemi bulunmakta ve bu problem giderek de yaygınlaşmaktadır (Tanji, 1990; Zhu 2001). Dünyanın yaklaşık %7'si, kültüre alınmış alanların %20'si ve sulama yapılabilen alanların neredeyse yarısına yakını tuzluluktan etkilendiği bildirilmektedir (Zhu 2001). Ülkemizde ise tuzlu topraklar toplam 1.5 milyon ha alanı kapsamaktadır (TÜİK 2004). Yüksek tuz konsantrasyonlarında tüm bitki türleri

belirgin büyüme inhibisyonları göstermesine karşın, büyüme ve üretkenlik açısından türler ve çeşitler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır (Munns 2002). Tuz stresi bitkilerde genellikle iki nedenle ortaya çıkmaktadır. Kök etki alanında çözülmüş tuzların fazlalığı sonucu osmotik dengenin bozulması ve diğer önemli etken de toksik etki eden iyon konsantrasyonlarının dengesizliği ve fazlalığı olmaktadır. Tuzlu koşullarda genel olarak Na ve Cl iyonları dominant iyonlardır. Klor tüm bitkiler için hayati önem taşıyan bir mikroelement olmasına karşın, Na sadece halofitler (Munns ve Termatt, 1986) ve bazı C4 bitkileri için önemli element olup, (Johnston ve ark., 1988) bu iki iyonun tuzlu ortamdaki konsantrasyonları bitkilerce gereksinim duyulan miktarın çok üstündedir. Bu durum tuza duyarlı genotiplerde toksisiteye yol açmaktadır. Bitkiler, doğadaki her türlü çevresel ve biyolojik kökenli streslere karşı dayanıklılık mekanizmaları geliştirmekte, ancak bu mekanizmaları geliştiremeyen bitkilerin büyümeyi sınırlandıran faktörlerin hakim olduğu alanlarda yetişemediği bilinmektedir. Biyotik stres etmenlerinden birisi olan tuz stresi, toprakta NaCl ve diğer çözülebilir tuz miktarının artısına paralel olarak bitkinin büyüme ve gelişimi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Genellikle topraktaki elektriksel iletkenlik 8-16 dS/m olan alanlarda tuza dayanıklı bitkiler gelişmelerine karşın diğer bitki grupları ise ciddi zarar görürler.

Topraktaki tuzluluğun (özellikle klorürün) bitkilerde Cd birikimini etkileyen en önemli faktör olduğu yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır (Smolders ve McLaughlin, 1996; Grant ve ark., 1998; Weggler-Beaton, 2000; Özkutlu ve ark., 2007). Literatür bilgilerinden anlaşıldığına göre, Cd 'un Cl ile yaptığı kompleksler sonucunda Cd' un katyon değiştirici yüzeylere tutunması zayıflamakta ve böylece bitkilerce alınma şansının daha fazla olduğu düşünülmektedir. Kadmiyumun klorür komplekslerinin toprakta daha mobil olduğu ileri sürülmektedir (McLaughlin ve ark., 1994, Smolders ve McLaughlin, 1996). Weggler-Beaton ve ark., (2000) hektara 50 ton bitkisel atık uygulaması yaptıktan sonra şeker pancarı ve buğday bitkisinde NaCl tuzunun Cd alımına etkisini araştırmış ve bu amaçla ortama sulama suyuyla 27,4 mM NaCl ilave etmiştir. Bu araştırma sonucunda, her iki bitkinin yeşil aksamında meydana gelen Cd konsantrasyonundaki artıştan sadece toprak çözeltisindeki Cd⁺² iyonunun aktivitesinin sorumlu olmadığı; bu artışta, Cd 'un Cl komplekslerinin de etkili olduğu bildirilmiştir. Smykalova ve Zamecnikova., (2003) besin çözeltisi

ortamına Cd 'un (0.005 ve 0.01 mM) dozlarını ve 100 mM NaCl uygulayarak arpa yeşil aksamında Cd konsantrasyonunu belirlemiştir. Söz konusu araştırmanın bulgularına göre, tuzsuz ortamda her iki Cd uygulamasında Cd 'un çoğunlukla köklerde biriktiği saptanmıştır. Ancak Cd-NaCl stresi altında yetişen bitkilerde ortama verilen Cd 'un yarısının köklerde biriktiği ve diğer yarısının yeşil aksama taşındığı bulunmuştur. Klorun bitkideki normal konsantrasyonu 70 ile 700 mmol/kg kuru ağırlık (yaklaşık 2000-20000 mg/kg kuru ağırlık) arasındadır ki bu seviye tipik makroelement seviyesidir. Oysa optimal büyüme için gerekli olan Cl miktarı 340-1200 mg/kg kuru ağırlıktır ki bu değer mikroelement sınırları içerisindedir. Klorün gerek uzun mesafe taşınımı gerekse kısa mesafe taşınımı yüksektir ve bu nedenle yaşlı yapraklardan genç yapraklara ve meyveye doğru hareketi yüksektir. Araştırmalar yüksek bitkilerde Cl' un, hareketliliği yüksek olan Cl iyonu şeklinde bulunduğunu göstermektedir (Marschner, 1995).

Hem klor hem de Na bitkilerde yüksek miktarda olduğu zaman bitki büyümesinde gerilemelere neden olmaktadır. Klor' un bitkilerde Cd taşınımını arttırdığına yönelik ciddi kanıtlar oluşmuştur. Tuz toleransı yüksek olan bazı bitki gruplarını arpa, hayvan pancarı, şeker pancarı, kolza, buğday, yumak ve italyan çimi olarak sıralanabilir. Bu tez çalışmasında Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen arpa çeşitlerinin tuz'suz ve tuzlu koşullarda Cd biriktirme kapasiteleri incelenmiştir. Bu tez kapsamında, tuz'suz ve topraktan 5 mg kg⁻¹ uygulaması koşullarında en az Cd biriktiren çeşitler arasında Hilal, Bornova 92 ve Bülbül çeşitleri olmasına karşın en fazla Cd biriktiren çeşitler ise Fahrettin Bey, Trakya Bolayır ve Avcı 2002 çeşitleri olmuştur. Topraktan 3000 mg kg⁻¹ NaCl tuzu ve Cd 5 mg kg⁻¹ uygulamasında en az Cd biriktiren Kaya çeşidi ve bunu sırasıyla Bülbül ve Aydan Hanım çeşitlerinin takip etmesine karşın en fazla Cd biriktiren Avcı 2002 çeşidi olurken bunu sırasıyla Yerçil ve Edirne Trakya Sladoran çeşidi olmuştur. Tuz'suz ve topraktan 10 mg kg⁻¹ uygulamasında en az Cd biriktiren çeşit Hilal çeşidi iken bunu sırasıyla Tarım 92 ve Bornova 92 çeşitleri izlemiştir. Adı geçen çeşitler tuz'suz ortamlarda Cd toksisitesine karşı diğer çeşitlere göre daha dayanıklıdır. Aynı koşullarda en fazla Cd biriktiren çeşit Fahrettin Bey olduğu bulunmuş bunu sırasıyla Avcı 2002 ve Edirne Trakya Sladoran çeşitleri olmuştur. Söz konusu çeşitler Cd toksisitesine karşı diğer çeşitlere nazaran duyarlı bulunmuşlardır. Topraktan 3000 mg kg⁻¹ NaCl tuzu ve Cd 10 mg kg⁻¹ uygulamasında ise en az Cd

biriktiren Hilal çeşidi iken bunu sırasıyla Bülbül ve Aydan çeşitleri takip etmiştir. Tuzlu ve yüksek Cd dozunda en fazla Cd biriktiren Yerçil çeşidi iken bunu sırasıyla Edirne Trakya Sladoran ve Süleyman Bey çeşitleri takip etmiştir. Bu tez kapsamında arpa çeşitlerinin tuz'suz ve tuzlu koşullarda Cd biriktirme yönünden farklılıkların olduğu ve Cl' un Cd taşınımını arttırdığı belirlenmiştir.

Bu tez çalışması çerçevesinde elde edilen sonuçların pratik açıdan ve insan sağlığıyla ilgili olarak getirdiği bazı önemli öneriler bulunmaktadır.

Tuzluluk ülkemizde olduğu gibi dünya genelinde önemli bir büyüme engelleyici stres faktörüdür. Literatür bilgilerinden elde ettiğimiz verilere göre bitkilerin Cd alımı ve tuzluluk arasında pozitif bir ilişkinin olduğu bilinmektedir. Bu durumda tuzlu topraklarda bitkilerin daha fazla Cd biriktirmesi ve bu yolla besin zincirine daha kolay girmesi olası görünmektedir. Bu nedenle tuzluluğun yoğun olduğu bölgelerde Cd kirlenmesinin boyutu ekimden önce belirlenme veya tuzlu topraklarda en az Cd biriktiren çeşitlerin saptanması oldukça önemlidir. Tuzlu topraklarda genellikle tuza dayanıklılığının fazla olduğu arpa bitkisi yaygın olarak yetiştirilmektedir. Hem tuzluluğun hem de Cd kirliliğinin yüksek olduğu alanlarda arpa bitkisinin ekilmemesi veya en az düzeyde Cd biriktiren çeşitlerin ekilmesi uygun olacaktır. Ayrıca, en az düzeyde Cd biriktirebilen yeni çeşitlerin elde edilmesi ve mevcutların belirlenmesine yönelik çok yönlü araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Tuzluluk problemi olan bölgelerde yetişen bitkisel ürünlerde Cd analizleri yapılarak Cd kirlenmesinin boyutu belirlenmeli ve gıdalar bu analizlerden sonra insanların tüketimine sunulmalıdır.

6.KAYNAKLAR

- Abdel-Sabour, M.F., 2001. Cadmium status in Egypt. *J Environmental –Sciences-China* 13 (3):351-360.
- Ahmed, I, M., Dai, H., Zheng, W., Cao, F., Zhang, G., Sun, D., Wu, F., 2013. Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley. *Plant Physiology and Biochemistry* 63 49-60.
- Aitio, A., Tritscher, A., 2004. Effects on health of cadmium- WHO approaches and conclusions. Volume 17, Issue 5, p 491.
- Alloway, B. J., 1995. Heavy metals in soils. Blackie, London. pp. 122-152
- Al-Shawi, Aw., Dahl, R., 1999. The Determination of Cadmium and Six Other Heavy Metals in Nitrate/Phosphate Fertilizer Solution by on Chromatography. *Analytica Chimica Acta* 391,35-42.
- Ammar, WB., Nauairi I, Zarrouk M, Jamel F, 2007. Cadmium stress induces changes in the lipid composition and biosynthesis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) leaves. *Plant Growth Regul* 53:75-85.
- Anonymous, 2005a. The Indian Medicines Development Corporation Bill. <http://164.100.24.208/ls/Bills/144,2005.pdf>
- Anonymous, 2008a. Amending Regulation (EC) No 1881/2006 Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuff. Official Journal of the European Union. COMMISSION REGULATION (EC) No: 629/2008.
- Ashraf, M. And Foolad, M. R., 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.*, 59: 206-216.
- Bebek, N., Tunçay, R., Krespi, Y., Tuğcu, B., Çoban, O., Bahar, S., 2001. Türk Beyin Damar Hastalıkları Dergisi 7:2;57-61.
- Benavides, M.P., Gallego, S.M., Tomaro, M.L., 2005. Cadmium toxicity in plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17, View Record in Scopus Cited By in Scopus (250).
- Bolan, N. S., Adriano, D. C., Duraisamy, P., Mani, A., Arulmozhiselvan, K., 2003. Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. I. Effect of phosphate addition. *Plant and Soil* 250:83-94.
- Bouyoucou, G.J. 1952. Hydrometer method improved for making particle size at analysis of soil. *Agron. J.* 54: 464-465.
- Carfagna, S., Lanza, N., Salbitani, G., Basile, A., Sorbo, S., And Vona, V., 2013. Physiological and morphological responses of Lead or Cadmium exposed *Chlorella sorokiniana* 211-8K (Chlorophyceae). *Springer Plus* 2013, 2:147 doi:10.1186/2193-1801-2-147.
- Carlgrén, K. and Mattsson, L., 2001. Swedish soil fertility experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 51 (2):49-78.
- Ceran, Ö., 2002. www.todaie.gov.tr/pdf/Mdb02.pdf

- Ceran, Y., 2005. Kimyasal Gübreler ve Toprak. <http://www.cine-tarim.com.tr/dergi/arşiv42/sector104>.
- Chaoui, A., Ferjani, E.E., 2005. Effects of cadmium and copper on antioxidant capacities, lignification and auxin degradation in leaves of pea (*Pisum sativum* L.) seedlings. *C. R. Biologies* 328 23–31.
- Chaudri, A. M., Celine, M. G., Allain, S. H., Badawy, M. L., Adams, S. P., Mcgrath, P and Chambers, J. B., 2001. Cadmium content of wheat grain from a long-term field experiment with sewage sludge. *J Environmental Quality* 30, 5:1575-1580.
- Chen F, Dong J, Wang F, Wu F, Zhang G, Li G, Chen Z, Chen J, Wei K., 2007. Identification of barley genotypes with low grain Cd accumulation and its interaction with four microelements. *Chemosphere* 67:2082–8.
- Cherif, J., Derbel, N., Nakkach, M., Bergmann, H. V., Jemal, F., Lakhdar., Z. B., 2012. Spectroscopic studies of photosynthetic responses of tomato plants to the interaction of zinc and cadmium toxicity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 111 9–16
- Çağlarırnak, N., Hepçimen Z. A., 2010. Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda* 8 (2) 31-35.
- Çavusoglu, K., Kilic, S., Kabar, K., 2007. Sdu. Fen. Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (E-Dergi) 136–145.
- Çevre Ve Orman Bakanlığı, Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (76/464/ AB) (26/11/2005 R.G.No: 26005)
- Dalcorso, G., Farinati, S., Maistri, S., Furini, A., 2008. How plants cope with cadmium: staking all on metabolism and gene expression. *Journal of Integrative Plant Biology* 50, 1268–1280.
- Deng, H., Ye Z.H., Wong M. H., 2004. Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland species thriving in metal-contaminated sites in China. *Environmental pollution*, 132, 29-40.
- Derici, R., Evliya H., Ağca N., Özkutlu F., Eker S. Ve Öztürk L., 2002. “Çukurova Bölgesinde Toprak ve Bitkilerde Kadmiyum Konsantrasyonunun Araştırılması ve Bitkilerde Kadmiyum Birikimini Etkileyen Faktörlerin Toprak Analizleri ve Sera Denemeleri ve İncelemesi”, Tübitak Araştırma Projesi, Proje No: 2382, s:1-87.
- Duraisamy, V. P., 2003. Role of İnorganic and Organic Soil Amendmends. *Austrial. Journal of Soil Research* 5-1-2003.
- Ece, A., Çağlarırnak, N., Çetin, S., 2001. Çevre kirliliğinin sebep olduğu ağır metal kontaminasyonunun sebze ve bitkilerde (Cd ve Pb) belirlenmesi. *Ulusal Çevre ve Ekoloji Sempozyumu*, 429-434, Bodrum.
- Ekmekçi, E., Apan, M., And Kara, T., 2005. “Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi”, *OMÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (3): 118-125.
- Elson, M., Haas, MD., 2001. Toxic Minerals and Heavy Metals. *Healthy World Online* <http://www.healthy.net/osp/tempiotes/article.asp?id=16608>. Header title=minerals and action, 17 p.

- Fergusson J.E., 1990. *The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effect*. Pergamon Press, Oxford.
- Gallego SM, Pena LB, Barcia RA, Azpilicueta CE, Iannone MF, Rosales EP, 2012. Unravelling cadmium toxicity and tolerance in plants: Insight into regulatory mechanisms. *Environ Exp Bot* 83:33–46.
- Grant, D., Keenoy, T. Oswick, C. (EDS) (1998a) *Discourse and organization*. London: Sage.
- Green CE, Chaney RL, Bouwkamp J (2003). Interactions between cadmium uptake and phytotoxic levels of zinc in hard red spring wheat. *Journal of Plant Nutrition*, Vol.26, No:2, 417-430s.
- Greger, M., 1999. Metal availability and bioconcentration in plants. *Heavy Metal Stress in Plants: from molecules to ecosystem*. Prasad, M.N.V., and Hagemeyer, J., (eds.), Springer-Verlag, Berlin. pp. 1-27.
- Hassan MJ, Zhang G, Wu F, Wei K, Chen Z., 2005. Zinc alleviates growth inhibition and oxidative stress caused by cadmium in rice. *J Plant Nutr Soil Sci* 168: 255-261.
- He, J.H., Du, Y.Q., Liu, Y., Chen, J.J., Wei, X.G., Wang, S.Y., He, W.B., Li, S.Y., 2005. Effects of chromium (VI) on the vegetable growth and uptake of chromium. *J. Agro-Environ. Sci.* 24, 1–4.
- Hosseini,Z.,Nadian, H.,Heidar, M., 2012. Effect of Cadmium Levels on Seed Germination and Seedling Growth of Spinach (*Spinacia oleracea*) Under Salinity Stress. *World Applied Sciences Journal* 18 (3): 332-335.
- Howladar, S. M., 2014. A novel Moringa oleifera leaf extract can mitigate the stress effects of salinity and cadmium in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 100 69–75
- Huang, YZ., Zhang, GP., Wu, FB., Chen, JX., Zhou, MX., 2006. Differences in Physiological traits Among Salt-Stressed Barley Genotypes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37(3-4): 557-570.
- İkiz, F., Püskülcü, H. VE Eren, Ş. 2000. İstatistiğe Giriş, Fakülteler Kitabevi, İzmir, 379-433.
- Jackson, M.L., 1962. *Soil Chemical Analysis* Prentice- Hall. Inc. Eng. Cliffs. N.J. USA.
- Jackson, M.L. 1964. *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Jansson, G. 2002. *Cadmium in Arable Crops, The Influence of Soil Factors and Liming*. Ph.D. thesis, Department of Soil Sciences, The Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, ISBN 91-576-6192-8.
- Johnston, K. J., Russell, J., De Vegt, C., Hughes, J., Jauncey, D., White, G., and Nicholson, G. 1988, in *IAU Symp. 129, The Impact of VLBI on Astrophysics and Geophysics*, ed. M. J. Reid & J. M. Moran (Dordrecht: Kluwer), 317.
- Kabata-Pendias, A., Dutka, S., Chlopecka, A. and Gawinowska, T., 1992. Background levels and environmental influences on trace metals in soils in of the

- temperate humic zone of Europe. In Biogeochemistry of trace metals. Ed. D. C. Adriano. Lewis Publishers, Ann Arbor, MI. p 513.
- Kabata-Pendias, A., Adriano, D.C., 1995. Trace Metals. In: Rechcigl, J.E. Ed. Soil Amendments and Environmental Quality. Lewis Publ., CRC, Boca Raton, FL. 139-167.
- Kabata-Pendias, G., TERELAK, H. and PIETRUCH, C., 2001. Impact of soil factors on Zn and Cd contents in potato tubers. Proceedings of 6th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, pp 568. Guelph, Canada.
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B., 2007. Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag, Berlin.
- Kadhodaie, A., Kelich, S., and Baghbani, A., 2012. Effects of Salinity Levels on Heavy Metals (Cd, Pb and Ni) Absorption by Sunflower and Sudangrass Plants. Bull. Env. Pharmacol. Life Scien. Volume 1 [12] November 47- 53.
- Kafkafi, U. 1991. Root growth under stress. Salinity. In The Plant Roots: 'The Hidden Half' (E. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi, eds.), MarcelDekker, New York, 375-391.
- Kalefetoğlu, T., AND EKMEKÇİ, Y., 2005. "Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizmaları (Derleme)", G.Ü., Fen Bilimleri Dergisi, 18 (4): 723-740.
- Kanat, M., BABUR, H. 2002. The effect of damage of *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.) in Calabrian pine seedling in Turkey. In: Proceedings of the Pine Processionary Moth Symposium (Kahramanmaraş, Turkey), pp. 37-38.
- Kanber, R., ve Ünlü, M., 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Ç.Ü. Ziraat Fak. Gen. Yay. No:281. Ders Kitapları Yay. No:A-87 Adana. 307 s.
- Karaca, A., Haktanır, K. 1997. Determination of Cadmium contents of phosphate fertilizers and raw phosphates. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 21:4, 327-335.
- Kayhan, F. E. (2006). Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksikitesi. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*. Sayı 1-2. Cilt 23 sf 227-233.
- Khan M H., Panda S.K., 2008. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 30: 81-89
- Kholová J., Sairam R K., Meena R.C., 2010. Osmolytes and metal ions accumulation, oxidative stress and antioxidant enzymes activity as determinants of salinity stress tolerance in maize genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum* 32: 477-486
- Khoshgoftarmensh, A.H., Jaafari, B. And Shariatmadari, H., 2008. Effect Of Salinity On Cd And Zn Availability. Symposium no. 33 Paper no. 2008 Presentation: poster 2008-1.
- Kırkham, M.B. 2006. Cadmium in plants on polluted soils: Effects of soil factors, hyperaccumulation, and amendments. *Geoderma* 137:19-32.

- Koca, H., M. Bor, F. Özdemir And İ. Türkan. 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environ. Exp. Bot.*, 60: 344-351.
- Köleli, N., Eker, S. ve Cakmak, I. 2004. Effect of zinc fertilization on cadmium toxicity in durum and bread grown in zinc-deficient soil. *Environmental Pollution* 131 453-459.
- Köleli, N ve Kantar, Ç., 2005. Fosfat Kayası, Fosforik Asit ve Fosforlu Gübrelerdeki Toksik Ağır Metal (Cd, Pb, Ni, As) Konsantrasyonu. *Ekoloji Dergisi*, 14(55).
- Köleli, N., Kantar, Ç., 2006. Fosforlu Gübrelerde Ağır Metal Tehlikesi. *Ekoloji Dergisi*, 9, 1-5.
- Konuk, M., Liman, R., 2009. Metal Toksikitesi, <http://www2.aku.edu.tr/~mkonuk/Metal-toksikolojisi.pdf>
- Kotuby, J., R. Koenig, And B. Kitchen, 2007. Salinity and Plant Tolerance. <http://extension.usu.edu/files/agpubs/agso03.pdf>
- Kwiatowski, J. (1998). Salinity Classification, Mapping and Management in Alberta. <http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity/>
- Lefèvre, I., Marchal, G., Meerts, P., Corréal, E., Lutts, S., 2009. Chloride salinity reduces cadmium accumulation by the Mediterranean halophyte species *Atriplex halimus* L. *Environmental and Experimental Botany* 65 142–152
- Levitt, J., 1980. Responses of plants to environmental stresses. 2nd ed. Academic Press, New York, 2: 607.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A.. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. J.* 42:421-428.
- Livera, J., McLaughlin, M.J., Heattiarachchi, G.M., Kirby, J.K., Beak, D.G., 2011. Cadmium Solubility In Paddy Soils: Effects Of Soil Oxidation, Metal Sulfides And Competitive Ions. *Science Of the Total Environment* 409: 1489-1497.
- Lombardi, L. (2005) Copper Toxicity in *Prunus cerasifera*: Growth and antioxidant enzymes responses of in vitro grown plants. *Plant Science*, 168, 797–802.
- Maejima Y, Makino T, Takano H, Kamiya T, Sekiya N, Itou T, 2007. Remediation of cadmium-contaminated paddy soils by washing with chemicals: Effect of soil washing on cadmium uptake by soybean. *Chemosphere*. 67: 748-754.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press. London. 889 p.
- Mcbride, M.B., 2003. Cadmium Concentration limits in agricultural soils: Weaknesses in USEPA's Risk Assessment and the 503 Rule. *Human and Ecological Risk Assessment*, Vol, 9:661-674.
- McLaughlin, M. J., Williams, C. M. J., McKay, A., Kirkham, R., Gunton, J., Jackson, K.J., Thompson, R., Dowling, B., Partington, D., Smart, M. K., and Tiller, K. G., 1994. Effect of cultivar on uptake of cadmium by potato tubers. *Aust. J. Agric. Res.* 45: 1483-1495.

- Meravi, N, Prajapati, SK. 2013. Effects of heavy metals/metalloids contamination of soils on micronucleus induction in *Tradescantia pallida*. *Environmental Skeptics and Critics*, 2(2): 58-62.
- Mermut, A.R., Padmanabham, E., Eswaran, H. And Dasog, G.S., 1996. 'Vertisols and Technologies for Their Management', (Developments in Soil Science, Elsevier: Amsterdam). Pedogenesis. In (Eds. N. Ahmad and A. Mermut), pp.3-22.
- Misra N., Dwivedi U.N., 2004. Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars. *Plant Science* 166: 1135-1142.
- Munns, R., Termaat, A. 1986. Whole-Plant Responses to Salinity. *Functional Plant Biology*, 13, 143-160.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25(2), 239-250.
- Mortvedt J. J., Beaton J. D., 2001. Heavy Metal and Radionuclide Contaminants in Phosphate Fertilizers. *Phosphorus in the Global Environment*. Chap. 6, 1-15.
- Nada, E., Ferjani B.A., Ali R., Bechir B.R., Imed M., Makki B., 2007. Cadmium-induced growth inhibition and alteration of biochemical parameters in almond seedlings grown in solution culture, *Acta Physiol. Plant* 29, 57–62.
- Neto, B., Kroeze, C., Hordijk L. and Costa, C., 2008. Modeling the Environmental Impact of an Aluminium Pressure Die Casting Plant and Options for Control, *Environmental Modelling and Software* 23(2) 147-168.
- Oecd, 1994. Risk Reduction Monograph No. 5. Cadmium EnvironventDirectore OECD, Paris.
- Olsen, S., R., Cole, C., V., Watanabe, F., S., Dean, L., A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ., 939. U.S. Cov. Print Office, Washington D.C.
- Ondrasek, G., Rengel, Z., Veres, S., 2011. Soil Salinisation and Salt Stress in Crop Production. *Abiotic Stress in Plants - Mechanisms and Adaptations*. ISBN 978-953-307-394-1.
- Ozaki, I., Watanabe, I., Kuno, K. 2004. As, Sb and Hg distribution and pollution sources in the roadside soil and dust around Kamikochi, Chubu Sangaku National Park, Japan. *Geochemical Journal*, 38, 473-484.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H. 1995. Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel yayın no: 73, Ders kitapları yayın no: 16, ADANA.
- Özcan, S., E. Gurel VE M. Babaoğlu. 2001. Bitki Biyoteknolojisi (Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları). S. Ü. Vakfı Yayınları, 456s.
- Özkutlu, F. 2004. Makarnalık buğdayda kadmiyum alımı ve birikimi üzerine tuzluluğun ve çinko beslenmesine etkisi Çukurova Üniversitesi, TEZ5008, s. 95. Adana.
- Özkutlu, F., KARA, S.M. AND SEKEROGLU, N., 2007. Determination of mineral and trace elements in some spices cultivated in Turkey. *International*

- Symposium on Medicinal and Nutraceutical Plants, 19-23 March 2007, Macon GA, USA. *Acta Horticulturae*. (ISHS) 756:321-328.
- Özyiğit, İ.İ., AKINCI, S., 2009. Effects of some Stress Factors (Aluminum, Cadmium and Drought) on Stomata of Roman Nettle (*Urtica pilulifera* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(1), 108 – 115.
- Paustenbach, D.J., Finley, B.L., Mowat, F.S. 2003. Human health risk and exposure assessment of chromium (VI) in tap water. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 66, 1295-1339.
- Pedro, C.A., Santos, M.S.S., Ferreira, S.M.F., Gonçalves, S.C., 2013. The Influence Of Cadmium Contamination And Salinity On The Survival, Growth And Phytoremediation Capacity Of The Saltmarsh Plant *Salicornia Ramosissima*. *Marine Environmental Research* 92 197-205.
- Peng K., Li X., Luo C., Shen, Z., 2006, Vegetation composition and heavy metal uptake by wild plants at three contaminated sites in Xiangxi area, China, *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 40, 65-76.
- Petrova, S. 2011. Biomonitoring study of air pollution with *Betula pendula* Roth. Plovdiv, Bulgaria. *Ecologia Balkanica*, 3 (1), 1-10.
- Pourghasemian, N., Ehsanzadeh, P., Greger, M., 2013. Genotypic variation in safflower (*carthamus* spp.) Cadmium Accumulation And Tolerance Affected By Temperature And Cadmium Levels. *Environmental and Experimental Botany* 87 218– 226.
- Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022–1030. In C.A. Black, (ed.). *Method of Soil Analysis*. Part 2. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Prozialeck, WC., Edwards, JR., Woods, JM., 2006. The vascular endothelium as a target of cadmium toxicity. *Life Sci*. 2006 Sep 13;79(16):1493-506.
- Puertas-Meji, M.A., Ruiz-Diez, B., Fernandez-Pascual, M., 2010. Effect Of Cadmium Ion Excess Over Cell Structure And Functioning Of *Zea Mays* And *Hordeum vulgare*. *Biochemical Systematics and Ecology* 38 285–291.
- Rady, M.M., 2011. Effect of 24-epibrassinolide on growth, yield, antioxidant system and cadmium content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plant under salinity and cadmium stress. *Sci. Hort.* 129, 232–237.
- Reed, R.L., Sanderson, M.A., Allen, V.G., Zartman, R.E., 2002. Cadmium application and pH effects on growth and cadmium accumulation in switchgrass. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33, 1187e1203.
- Robinson, B.H., Mills, T.M., Petit, D., Fung, L.E., Green, S.R., Clothier, B.E. 2000. Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: implications for phytoremediation. *Plant and Soil*, 227, 301–306.
- Sabiha-Javied, Mehmood, T., Chaudhry, M.M., Tufail, M., Irfan, N. 2009. Heavy metal pollution from phosphate rock used for the production of fertilizer in Pakistan. *Microchemical Journal*, 91, 94–99.

- Sairam, R.K., Rao, K.V., Srivastava, G.C., 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science* 163 1037_/1046.
- Sairam R K., Tyagi A., 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current Science* 86: 407-42.
- Saltalı, K., 2004. Fosforlu Gübrelerde Ağır Metal (Kadmiyum) Sorunu ve Önerileri. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim. Tokat.
- Schipper, L.A., Sparling, G.P., Fisk, L.M., Dodd, M.B., Power, I.L., Littler, R.A., 2011. Rates of accumulation of cadmium and uranium in a New Zealand hill farm soil as a result of long-term use of phosphate fertilizer. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 144 95–101.
- Sema, K., 2001. Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi Sayfa: 123.
- Sepehr, F.M., AND GHORBANLİ, M., 2006. Physiological responses of *Zea mays* seedlings to interactions between cadmium and salinity. *J. Integr. Plant Biol.*, 48(7): 807-813.
- Shafi, M., J. BAKHT, M.J. HASSAN, M. RAZİUDDİN AND G. ZHANG. 2009. Effect of cadmium and salinity stresses on growth and antioxidant enzyme activities of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Bull. Env. Contam. Toxicol.*, 82(6): 772-6.
- Sharma, S.S., KAUL S., METWALLY A., GOYAL K.C., FİNKEMEİER I., AND DİETZ K.J., 2004. Cadmium toxicity to barley (*Hordeum vulgare*) as affected by varying Fe nutritional status, *Plant Sci.*, 166, 1287-1295.
- Siatka, T., Kasparova, M., Spilkova, J., 2012. Effects of zinc and cadmium ions on cell growth and production of coumarins in cell suspension cultures of *Angelica archangelica* L. *Ceska Slov Farm. Dec*;61(6):261-6.
- Smolders, E. and Mclaughlin, M.J., 1996. Effect of Cl on Cd uptake by Swiss chard in nutrient solution. *Plant and Soil*. 179: 57-64.
- Smolders, E., Mclaughlin, M. J. and Tiller, K.G., 1996. Influence of chloride on Cd availability to Swiss chard: a resin buffered solution culture system. *Soil Sci Soc Am J*. 60:1443-1447.
- Smolders, E., 2011. Cadmium Uptake By Plants. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, Vol. 14, No. 2, 177—183.
- Smykalova, I. and Zamecnikova, B., 2003. The relationship between salinity and cadmium stress in barley. *Biologia Plantarum*, 46 (2):269-273.
- Sönmez, B. 2004. Türkiye'de Çorak Islahı Araştırmaları ve Tuzlu Toprakların Yönetimi. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, Ankara, s. 157-162.
- Sönmez, İ. ve S. Sönmez, 2007. Tuzluluk ve Gübreleme Arasındaki İlişkiler. *Tarımın Sesi Dergisi*, Sayı: 16, S: 13-16.

- Suzuki K., Yabuki, T., Ono, Y. 2009. Roadside leaves as bioindicators of heavy metal pollution in traffic areas of Okayama, Japan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149, 133-141.
- Tanji, KK., 1990. Nature and extent of agricultural salinity. In: Tanji KK (ed.) *Agricultural Salinity Assessment and Management*, pp: 1–13. ASCE, New York.
- Taslak, İ., Çağlar, Ö., Bulut, S., Akten, Ş., 2007. Bazı Arpa Genotiplerinin Tuzluluğa Toleranslarının Belirlenmesi I. Çimlendirme Denemesi. VII. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-27 Haziran, 188-192, Erzurum.
- Tester, M., Leigh, R.A., 2001. Partitioning of nutrient transport processes in roots. *J.Exp. Bot.* 52, 445–457, <http://dx.doi.org/10.1093/jexbot/52.suppl.1.445>.
- Tiryakioğlu, M., Eker, S., Özkutlu, F., Husted, S., Cakmak, I., 2006. Antioxidant defense system and cadmium uptake in barley genotypes differing in cadmium tolerance. *J. Trace Elem. Med. Bio.* 20, 181–189.
- Tüik, (2004). *Tarımsal Yapı ve Üretim*. Ankara.
- Ueno, D., Iwashita, T., Zhao, F.J., Ma, J.F., 2008. Characterization of Cd translocation and identification of the Cd form in xylem sap of the Cd-hyperaccumulator *Arabidopsis halleri*. *Plant and Cell Physiology* 49, 540–548.
- Uruç, K., Yılmaz, D.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 1 (2): 13-15*.
- U.S. Salinity Laboratory Staff., 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. USDA. No. 60.
- Vanlı, Ö. ve Yazgan, M., 2008. Ağır Metallerle Kirilenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği. <http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon/fitoremediasyon.htm>.
- Verbruggen, N., C. Hermans, H., 2009. Schematic Mechanisms to cope with arsenic or cadmium excess in plants, *Curr. Opin. Plant Biol.* 12 364e372.
- Vural, H., 1993, Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler, *Ekoloji Dergisi*, 8: 3-8 s. <http://www.ekolojidergisi.com.tr/resimler/8-1.pdf>
- Wang, M., Zou, J., Duan, X., Jiang, W., Liu, D., 2007. Cadmium accumulation and its effects on metal uptake in maize (*Z. mays* L). *Bioresour Technol.* 98, 82–88.
- Watanabe K., *J. Chem. Phys.*, (1957) cilt 26, s. 542.
- Wegler-Beaton, K., McLaughlin, M. J. and Graham, R. D., 2000. Salinity increases cadmium uptake by wheat and Swiss chard from soil amended with biosolids. *Australian Journal of Soil Research*, V 38 Number 1 pp:37-46.
- Wu, F., Zhang, G., Dominy, P., Wu, H., Bachir, D.M.L., 2007. Differences in yield components and kernel Cd accumulation in response to Cd toxicity in four barley genotypes. *Chemosphere* 70, 83–92.
- Yıldız, N., 2005a. Response of Tomato and Corn Plants to Increasing Cd Levels in Nutrient Culture *Pak. J. Bot.*, 37(3): 593—599.

- Yost, K.J. and Miles, L.J. 1979. Journal of Environmental Science and Health A. 14: 285-311.
- Yu Hui, Wang Junli, Fang W, Yuan Jiangang, Yang Zhong YI., 2006. Cadmium accumulation in different rice cultivars and screening for pollution-safe cultivars of rice. Sci Total Environ 370:302–9.
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel istatistik metodlar. Köy Hizmetiefi Gnl. .Md. Toprak ve Gübre Araştırma Ens. Yayın No 56.
- Zadeh, H. M. AND NAENİ, M. B. 2007. Effect of salinity stress on the morphology and yield of two cultivars of canola (*Brassica napus* L.). J. Agron., 6: 409-414.
- Zheng, R., Lİ, H., JİANG, R., RÖMHELD, V., ZHANG, F., ZHAO, F.J., 2011. The Role Of Root Hairs İn Cadmium Acquisition By Barley. Environmental Pollution 159 408-415.
- Zhu, J., 2001. Plant Salt Tolerance. Trends Plant Science, 6: 66-71.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Onur BURKAN
Doğum Yeri : Mersin
Doğum Tarihi : 27.08.1988
Yabancı Dili : İngilizce
E-mail : onurburkan@hotmail.com
İletişim Bilgileri : 0537 778 62 85

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Toprak ve Bitki Besleme	Ordu Üniversitesi	2008-2011
Y. Lisans			

İş Deneyimi:

Görev	Görev Yeri	Yıl
Tarım Danışmanı	Fatsa Ziraat Odası Başkanlığı	2012-2014