

**KADMIYUM VE KURŞUN KİRLİLİĞİ OLAN TOPRAĞA  
ARTAN MİKTARLARDA UYGULANAN TAVUK  
GÜBRESİNİN İSPANAK ve MARUL BİTKİSİNİN  
GELİŞİMİ VE KİMİ BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**Sita Sanele KUNENE**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KADMİYUM VE KURŞUN KİRLİLİĞİ OLAN TOPRAĞA ARTAN  
MİKTARLARDA UYGULANAN TAVUK GÜBRESİNİN İSPANAK VE MARUL  
BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE KİMİ BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİ ÜZERİNE  
ETKİSİ**

Sita Sanele KUNENE  
0000-0002-0505-7669

Doç. Dr. Hakan ÇELİK

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

BURSA– 2020  
**Her Hakkı Saklıdır.**

## TEZ ONAYI

Sita Sanele KUNENE tarafından hazırlanan "KADMİYUM VE KURŞUN KİRLİLİĞİ OLAN TOPRAĞA ARTAN MİKTARLARDA UYGULANAN TAVUK GÜBRESİNİN İSPANAK VE MARUL BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE KİMİ BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç.Dr. Hakan ÇELİK

**Başkan:** Doç.Dr. Hakan ÇELİK  
0000-0003-4673-3843  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

İmza  


**Üye** : Doç.Dr. Barış Bülent AŞIK  
0000-0001-8395-6283  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

İmza  


**Üye** : Doç.Dr. Ali Rıza ONGUN  
0000-0002-5244-2770  
Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

İmza  


Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN  
Enstitü Müdürü

01.10.2020

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

05/05/2020



Sita Sanele KUNENE

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KADMIYUM VE KURŞUN KİRLİLİĞİ OLAN TOPRAĞA ARTAN  
MİKTARLARDA UYGULANAN TAVUK GÜBRESİNİN İSPANAK VE MARUL  
BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE KİMİ BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

**Sita Sanele KUNENE**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Hakan ÇELİK

Bu çalışma farklı kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) kirliliği olan topraklara artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak ve marul bitkilerinin gelişimi ve kimi bitki besin elementi miktarları üzerine etkilerini araştırmak amacıyla sera koşullarında yürütülmüştür. Bu amaçla kadmiyum (0, 10, 20 mg kg<sup>-1</sup>) ve kurşun (0, 20, 40 mg kg<sup>-1</sup>) dozları ile ayrı ayrı muamele edilen saksılara artan dozlarda tavuk gübresi (0, 500, 1000 ve 2000 kg da<sup>-1</sup>) uygulanmıştır. 60 günlük inkübasyon sonrasında saksılarda marul ve ıspanak yetiştirilerek uygulamaların etkileri yaprak ve kök analizleri ile değerlendirilmiştir.

Artan kurşun dozları, yalnız marul bitkisi köklerinin kuru ağırlığında azalmaya neden olurken, kadmiyum dozları ıspanak ve marul bitkilerinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimlerini azaltmış, azalma ıspanak köklerinde daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Kadmiyum dozlara bağlı olarak artış göstermiş, ıspanak yapraklarında 0,58; 65,71 ve 75,04 mg Cd kg<sup>-1</sup>; köklerinde ise 1,23; 108,10 ve 162,17 mg Cd kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Marul da ise değerler yapraklarda 0,54; 33,10 ve 39,52 mg Cd kg<sup>-1</sup>; köklerinde ise 0,41; 44,19 ve 68,50 mg Cd kg<sup>-1</sup> şeklinde yer almıştır. Kurşun da dozlara bağlı olarak artmış, ıspanak yapraklarında 1,44; 2,04 ve 2,40 mg Pb kg<sup>-1</sup>; köklerinde ise 1,14; 3,23 ve 8,29 mg Pb kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Marul yapraklarında ise 0,54; 2,19 ve 2,46 mg Pb kg<sup>-1</sup>; köklerinde 7,62; 13,35 ve 17,48 mg Pb kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Artan kadmiyum ve kurşun dozlarına bağlı olarak makro ve mikro bitki besin element içerikleri ve kaldırılan miktarları da etkilenmiş, özellikle Fe, Cu, Mn, Cd, Pb ve Cr'un bitki köklerinde daha fazla biriktiği görülmüştür. Kontrol bitkilerinde kadmiyum ve kurşun'un insan beslenmesi için belirlenen kritik konsantrasyonların altında olduğu, ancak uygulamalarla birlikte bu bitkilerin kritik sınırın çok üzerinde ağır metal içerdiği görülmüştür. Uygulanan tavuk gübresi bitkilerin yaprak ve kök kuru ağırlık verimini kontrole oranla arttırmasına rağmen, yüksek ağır metal konsantrasyonlarının toksik sınırların altına çekilmesinde etkili olamadığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, interaksiyon, toksisite, verim

**2020, xiii + 189 sayfa.**

## ABSTRACT

MSc Thesis

EFFECTS OF INCREASING APPLICATION DOSES OF CHICKEN MANURE ON  
GROWTH AND SOME NUTRIENT ELEMENT CONTENTS OF SPINACH AND LETTUCE  
UNDER TOXIC CONDITIONS OF CADMIUM AND LEAD

**Sita Sanele KUNENE**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Soil Science and Plant Nutrition Department

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Hakan ÇELİK

This study was carried out to investigate the effects of chicken manure applied in increasing doses to soils with different cadmium (Cd) and lead (Pb) pollutants on the development of spinach and lettuce plants and some plant nutrient element content in greenhouse. For this purpose, increasing doses of chicken manure (0, 500, 1000 and 2000 kg da<sup>-1</sup>) were applied to pots treated separately with cadmium (0, 10, 20 mg kg<sup>-1</sup>) and lead (0, 20, 40 mg kg<sup>-1</sup>). After 60 days of incubation, the lettuce and spinach were grown in pots and the effects of the applications were evaluated by leaf and root analyses.

Increasing lead doses only caused a decrease in the dry weight of lettuce roots, while cadmium doses reduced leaf and root dry weight yields of spinach and lettuce plants, the decrease was more evident in the spinach roots. Cadmium was found to increase depending on the doses, in Spinach leaves; 0,58; 65,71 and 75,04 mg Cd kg<sup>-1</sup>; as for the roots; 1,23; 108,10 and 162,17 mg Cd kg<sup>-1</sup>. In lettuce the values are; in the leaves; 0,54; 33,10 and 39,52 mg Cd kg<sup>-1</sup>; in the roots; 0,41; 44,19 and 68,50 mg Cd kg<sup>-1</sup>. Lead too increased depending on the dose, in spinach leaves; 1,44; 2,04 and 2,40 mg Pb kg<sup>-1</sup>; in the roots of 1,14; 3,23 and 8,29 mg Pb kg<sup>-1</sup>. In lettuce leaves; 0,54; 2,19 and 2,46 mg Pb kg<sup>-1</sup>; in the roots; 7,62; 13,35 and 17,48 mg Pb kg<sup>-1</sup>. Macro and micro plant nutrient element contents and amounts absorbed have been affected depending on the increased cadmium and lead doses, especially Fe, Cu, Mn, Cd, Pb and Cr have been found to accumulate more in plant roots. It has been observed that cadmium and lead are below the critical concentrations determined for human consumption in control plants, but with the applications, these plants contain heavy metals far above the critical limit. It has been concluded that although applied manure increases the leaf and root dry weight yield of plants compared to control, it is not effective in bringing high heavy metal concentrations below toxic limits.

**Key Words:** Heavy metal, interaction, toxicity, yield

**2020, xiii+ 189 pages.**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Kimi bitkiler, izin verilen aralıklar içinde kimi ağır metal konsantrasyonlarına sahip topraklarda herhangi bir toksisite belirtisi göstermeden yetişebilse de, topraktaki değişen metal konsantrasyonlarına bağlı olarak bu ağır metallerin bitkiye alınan miktarları, köklerde ve yapraklardaki konsantrasyonları artış gösterebilmektedir. Bitki içerisinde artan ağır metal miktarları gerek bitki gelişimine gerekse bu bitkilerin çeşitli organlarını tüketen insanlarda; tüketilen miktarlara ve tüketim sürelerine bağlı olarak kimi sağlık problemlerine yol açabilir.

Bu sorunların çözümlenebilmesi adına; artan dozlarda ağır metal uygulanan topraklarda bitkilerin yetiştirilerek kaldırdıkları ağır metal miktarları ile köklerinde ve yapraklarında bulunan konsantrasyonların bitki gelişimini ve diğer besin elementi miktarlarını ne şekilde etkilediklerinin belirlenmesi üzerine yapılacak çalışmalar son derece önem arz etmektedir.

Araştırma konusunun seçiminden tezin tamamlanmasına kadar tüm aşamalarda desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile bana yardımcı olan değerli tez danışmanı hocam Doç. Dr. Hakan ÇELİK'e, laboratuvar çalışmalarında ve tezin yazımında emeği geçen yüksek lisans arkadaşlarım; Makbule BAYRAK, Ezgi KESKİN, Betül GÜMÜŞ, Mehmet ÖZÇUR ve Şeyda ŞENGÜL'e, hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen çok değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Ülkem dışında Yüksek Lisans eğitimi alabilmem adına Türkiye Burslarının sağlamış olduğu tüm imkanlar için, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Yurt dışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığına da minnet ve şükranlarımı arz ederim.



Sita Sanele KUNENE

05/05/2020

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Ağır Metal Kirliliği .....	5
2.2. Kurşun Kirliliği ve Yapılan Önceki Çalışmalar.....	7
2.3. Kadmiyum Kirliliği ve Yapılan Önceki Çalışmalar.....	10
2.4. Ağır Metallerin İnsan Sağlığı Üzerine Olumsuz Etkileri.....	13
2.5. Ağır Metallerin Bitki Gelişimi Üzerine Olumsuz Etkileri.....	17
2.6. Ağır Metallerin Zararlı Etkilerinin Giderilmesine Yönelik Yapılmış Çalışmalar ...	29
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	33
3.1. Topraklarda Yapılan Analizler.....	33
3.1.1. Toprak tekstürü (Bünye) .....	33
3.1.2. Tarla Kapasitesi.....	34
3.1.3. Toprak reaksiyonu (pH) .....	34
3.1.4. Elektriksel iletkenlik (EC) .....	34
3.1.5. Kireç (CaCO <sub>3</sub> ).....	34
3.1.6. Organik madde .....	34
3.1.7. Toplam azot.....	34
3.1.8. Bitkiye yarayışlı fosfor.....	35
3.1.9. Ekstrakte edilebilir sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum .....	35
3.1.10. Alınabilir demir, çinko, mangan, bakır, kadmiyum ve kurşun .....	35
3.1.11. Ekstrakte Edilebilir Bor.....	35
3.2. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi.....	36
3.3. Yaprak ve Köklerde Yapılan Analizler.....	36
3.3.1. Yaprak ve kök örneklerinin yaş yakılması.....	37
3.3.2. Toplam azot içeriği .....	38
3.3.3. Toplam fosfor içeriği.....	38
3.3.4. Toplam potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriği.....	38
3.3.5. Toplam demir, bakır, çinko, mangan, kadmiyum, kurşun ve krom içeriği.....	39
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	40
4.1. Tavuk Gübresinin Kadmiyum İçeren Toprakta Yetişen Ispanak Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi.....	40
4.1.1. Ispanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi .....	40
4.1.2. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kadmiyum miktarı .	42
4.1.3. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan azot miktarı.....	45
4.1.4. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan fosfor miktarı.....	48
4.1.5. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan potasyum miktarı...	50
4.1.6. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kalsiyum miktarı....	52
4.1.7. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan magnezyum miktarı...	54
4.1.8. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan sodyum miktarı.....	56



4.1.9. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan demir miktarı.....	58
4.1.10. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bakır miktarı.....	60
4.1.11. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan çinko miktarı.....	61
4.1.12. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan mangan miktarı....	63
4.1.13. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bor miktarı.....	65
4.1.14. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kurşun miktarı.....	67
4.1.15. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan krom miktarı.....	68
4.2. Tavuk Gübresinin Kurşun İçeren Toprakta Yetişen Ispanak Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi.....	70
4.2.1. Ispanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi.....	70
4.2.2. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kurşun miktarı.....	72
4.2.3. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan azot miktarı.....	74
4.2.4. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan fosfor miktarı.....	75
4.2.5. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan potasyum miktarı...	77
4.2.6. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kalsiyum miktarı....	79
4.2.7. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan magnezyum miktarı... .....	81
4.2.8. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan sodyum miktarı.....	82
4.2.9. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan demir miktarı.....	84
4.2.10. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bakır miktarı.....	85
4.2.11. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan çinko miktarı.....	87
4.2.12. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan mangan miktarı....	88
4.2.13. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bor miktarı.....	90
4.2.14. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kadmiyum miktarı91	
4.2.15. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan krom miktarı.....	92
4.3. Tavuk Gübresinin Kadmiyum İçeren Toprakta Yetişen Marul Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi.....	94
4.3.1. Marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi.....	94
4.3.2. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kadmiyum miktarı....	96
4.3.3. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan azot miktarı.....	100
4.3.4. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan fosfor miktarı.....	102
4.3.5. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan potasyum miktarı ...	104
4.3.6. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kalsiyum miktarı ....	107
4.3.7. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan magnezyum miktarı109	
4.3.8. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan sodyum miktarı.....	111
4.3.9. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan demir miktarı.....	113
4.3.10. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bakır miktarı.....	115
4.3.11. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan çinko miktarı.....	117
4.3.12. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan mangan miktarı.....	119
4.3.13. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bor miktarı.....	121
4.3.14. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kurşun miktarı.....	123
4.3.15. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan krom miktarı.....	124
4.4. Tavuk Gübresinin Kurşun İçeren Toprakta Yetişen Marul Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi.....	126
4.4.1. Marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi.....	126
4.4.2. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kurşun miktarı.....	128
4.4.3. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan azot miktarı.....	130
4.4.4. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan fosfor miktarı.....	132

4.4.5. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan potasyum miktarı ...	134
4.4.6. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kalsiyum miktarı ....	135
4.4.7. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan magnezyum miktarı	137
4.4.8. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan sodyum miktarı .....	138
4.4.9. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan demir miktarı.....	140
4.4.10. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bakır miktarı.....	142
4.4.11. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan çinko miktarı .....	144
4.4.12. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan mangan miktarı ....	145
4.4.13. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bor miktarı.....	147
4.4.14. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kadmiyum miktarı	148
4.4.15. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan krom miktarı .....	150
5. SONUÇ .....	152
KAYNAKLAR .....	155
EKLER.....	168
ÖZGEÇMİŞ .....	189

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
%	Yüzde
°C	Santigrad Derece
µS	Mikro Siemens
<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
B	Bor
Ca	Kalsiyum
CaCO <sub>3</sub>	Kalsiyum Karbonat
Cd	Kadmiyum
CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>	Amonyum Asetat
Cr	Krom
Cu	Bakır
da	Dekar
EC	Elektriksel İletkenlik
Fe	Demir
g	Gram
ha	Hektar
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen Peroksit
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfirik Asit
HNO <sub>3</sub>	Nitrik Asit
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma
K	Potasyum
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Potasyum Sülfat
kg	Kilogram
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
mL	Mililitre
Mn	Mangan
N	Azot
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum Klorür
NaHCO <sub>3</sub>	Sodyum Bikarbonat
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub>	Amonyum Heptamolibdat
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Amonyum Nitrat
P	Fosfor
Pb	Kurşun
pH	Power of Hidrojen
S	Kükürt
t	Ton
Zn	Çinko

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Deneme toprağının kimi analiz sonuçları .....	33
Çizelge 3.2. Uygulanan Tavuk Gübresinin Kimi Özellikleri.....	37
Çizelge 3.3. Uygulanan Tavuk Gübresi, Kadmiyum ve Kurşun Dozları.....	37
Çizelge 3.4. Denemede Belirlenen Saksı Sayıları ve Tekerrürler.....	37
Çizelge 4.1. Yaprak ve kök kuru madde varyans analiz sonuçları .....	40
Çizelge 4.2. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi .....	41
Çizelge 4.3. Yaprak ve kök ile kaldırılan kadmiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	43
Çizelge 4.4. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi.....	43
Çizelge 4.5. Yaprak ve kök ile kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	46
Çizelge 4.6. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi .....	46
Çizelge 4.7. Yaprak ve kök ile kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	48
Çizelge 4.8. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi.....	48
Çizelge 4.9. Yaprak ve kök ile kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	50
Çizelge 4.10. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisi.....	50
Çizelge 4.11. Yaprak ve kök ile kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	52
Çizelge 4.12. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi .....	53
Çizelge 4.13. Yaprak ve kök ile kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	54
Çizelge 4.14. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi.....	55
Çizelge 4.15. Yaprak ve kök ile kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	56
Çizelge 4.16. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi .....	57
Çizelge 4.17. Yaprak ve kök ile kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	58
Çizelge 4.18. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi.....	59
Çizelge 4.19. Yaprak ve kök ile kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	60
Çizelge 4.20. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi.....	61
Çizelge 4.21. Yaprak ve kök ile kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	62

Çizelge 4.22. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi .....	62
Çizelge 4.23. Yaprak ve kök ile kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	64
Çizelge 4.24. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi .....	64
Çizelge 4.25. Yaprak ve kök ile kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	65
Çizelge 4.26. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi .....	66
Çizelge 4.27. Yaprak ve kök ile kaldırılan kurşun miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	67
Çizelge 4.28. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi .....	67
Çizelge 4.29. Yaprak ve kök ile kaldırılan krom miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	69
Çizelge 4.30. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi .....	69
Çizelge 4.31. Yaprak ve kök kuru madde varyans analiz sonuçları .....	70
Çizelge 4.32. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi .....	71
Çizelge 4.33. Yaprak ve kök ile kaldırılan kurşun miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	72
Çizelge 4.34. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi .....	73
Çizelge 4.35. Yaprak ve kök ile kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	74
Çizelge 4.36. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi .....	75
Çizelge 4.37. Yaprak ve kök ile kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	76
Çizelge 4.38. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi .....	76
Çizelge 4.39. Yaprak ve kök ile kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	77
Çizelge 4.40. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisi .....	78
Çizelge 4.41. Yaprak ve kök ile kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	79
Çizelge 4.42. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi .....	80
Çizelge 4.41. Yaprak ve kök ile kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	81
Çizelge 4.42. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi .....	81
Çizelge 4.43. Yaprak ve kök ile kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	83

Çizelge 4.44. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi .....	83
Çizelge 4.45. Yaprak ve kök ile kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	84
Çizelge 4.46. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi .....	85
Çizelge 4.47. Yaprak ve kök ile kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	86
Çizelge 4.48. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi .....	86
Çizelge 4.49. Yaprak ve kök ile kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	87
Çizelge 4.50. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi .....	87
Çizelge 4.51. Yaprak ve kök ile kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	89
Çizelge 4.52. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi .....	89
Çizelge 4.53. Yaprak ve kök ile kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	90
Çizelge 4.54. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi .....	90
Çizelge 4.55. Yaprak ve kök ile kaldırılan kadmiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	91
Çizelge 4.56. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi .....	92
Çizelge 4.59. Yaprak ve kök ile kaldırılan krom miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	93
Çizelge 4.60. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi .....	93
Çizelge 4.61. Yaprak ve kök kuru madde varyans analiz sonuçları .....	94
Çizelge 4.62. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi .....	95
Çizelge 4.63. Yaprak ve kök ile kaldırılan kadmiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	97
Çizelge 4.64. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi .....	97
Çizelge 4.65. Yaprak ve kök ile kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	100
Çizelge 4.66. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi .....	101
Çizelge 4.67. Yaprak ve kök ile kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	103
Çizelge 4.68. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi .....	103
Çizelge 4.69. Yaprak ve kök ile kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	105

Çizelge 4.71. Yaprak ve kök ile kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	107
Çizelge 4.72. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi .....	107
Çizelge 4.73. Yaprak ve kök ile kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	109
Çizelge 4.74. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi.....	110
Çizelge 4.75. Yaprak ve kök ile kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	111
Çizelge 4.76. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi .....	112
Çizelge 4.77. Yaprak ve kök ile kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	113
Çizelge 4.78. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi.....	114
Çizelge 4.79. Yaprak ve kök ile kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	115
Çizelge 4.80. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi.....	116
Çizelge 4.81. Yaprak ve kök ile kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	118
Çizelge 4.82. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi .....	118
Çizelge 4.83. Yaprak ve kök ile kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	119
Çizelge 4.84. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi .....	120
Çizelge 4.85. Yaprak ve kök ile kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	122
Çizelge 4.86. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi.....	122
Çizelge 4.87. Yaprak ve kök ile kaldırılan kurşun miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	123
Çizelge 4.89. Yaprak ve kök ile kaldırılan krom miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	125
Çizelge 4.90. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi.....	125
Çizelge 4.91. Yaprak ve kök kuru madde varyans analiz sonuçları .....	127
Çizelge 4.92. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi .....	127
Çizelge 4.93. Yaprak ve kök ile kaldırılan kurşun miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	128
Çizelge 4.94. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi .....	129
Çizelge 4.95. Yaprak ve kök ile kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	131

Çizelge 4.96. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi .....	131
Çizelge 4.97. Yaprak ve kök ile kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	132
Çizelge 4.98. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi.....	133
Çizelge 4.99. Yaprak ve kök ile kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	134
Çizelge 4.100. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisi.....	135
Çizelge 4.101. Yaprak ve kök ile kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	136
Çizelge 4.102. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi .....	136
Çizelge 4.103. Yaprak ve kök ile kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	137
Çizelge 4.104. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi.....	138
Çizelge 4.105. Yaprak ve kök ile kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	139
Çizelge 4.106. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi .....	139
Çizelge 4.107. Yaprak ve kök ile kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	140
Çizelge 4.108. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi.....	141
Çizelge 4.109. Yaprak ve kök ile kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	142
Çizelge 4.110. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi.....	143
Çizelge 4.111. Yaprak ve kök ile kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	144
Çizelge 4.112. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi .....	144
Çizelge 4.113. Yaprak ve kök ile kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	146
Çizelge 4.114. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi .....	146
Çizelge 4.115. Yaprak ve kök ile kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	147
Çizelge 4.116. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi.....	148
Çizelge 4.117. Yaprak ve kök ile kaldırılan kadmiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	149
Çizelge 4.118. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi.....	149
Çizelge 4.119. Yaprak ve kök ile kaldırılan krom miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları .....	150



Çizelge 4.120. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi..... 151

## 1. GİRİŞ

Ağır metaller; yoğunluğu  $5 \text{ gr cm}^{-3}$ 'ten daha fazla, atom numarası 20'den büyük doğal elementler olarak ifade edilmektedir (Pais ve Jones 2000, Kvesitadze ve ark. 2006). Kayaçların ve dolayısıyla toprakların doğal bileşenleri olmaları sebebiyle, su, hava ve toprak; farklı oranlarda ve formlarda ağır metal içermekte ve çevreye yayılımları genellikle bu doğal kaynaklardan olmaktadır. Bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe), manganez (Mn), molibden (Mo), nikel (Ni), kobalt (Co) gibi kimi ağır metallerin iz elementler olarak bitkilerin büyüme, gelişme ve fizyolojik yaşam fonksiyonlarını etkin şekilde yürütebilmeleri için mutlak gerekli oldukları ancak, bu elementlerin aşırı dozları ile bu grup dışında yer alan arsenik (As), civa (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) başta olmak üzere pek çok ağır metalin iz miktarlarının bitkiler için toksik olabildikleri bildirilmiştir (Das ve ark. 1998, Hashem ve ark. 2013, Zhang ve ark. 2014a).

İnsan nüfusundaki artışa ve günümüz teknolojisinin gelişmesine paralel olarak özellikle enerji ve yakıt üretimi, radyoaktif atıklar, madencilik, atık suyla yapılan sulamalar, arıtma çamuru uygulamaları, aşırı gübre ve pestisit kullanımı gibi endüstriyel faaliyetler sonucunda ağır metallerin çevredeki jeolojik nedenlerle oluşan doğal dağılım deseni ve konsantrasyonlarının; bu saydığımız antropojen etkiler ile önemli ölçüde arttığı ve topraktaki metal konsantrasyonunun yaklaşık 1 ile  $100,000 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği, yüksek ağır metal seviyelerinin toprak, ürün, verim ve kalitesinde azalmaya neden olarak ekolojik dengede de bozulmalar meydana getirdiği bildirilmektedir. (Kocaer ve Başkaya 2003, Zengin ve Munzuroğlu 2003, Khan ve ark. 2007).

Ağır metallerin bitkilerde toksik düzeyde bulunmaları; transpirasyon, stoma hareketleri, su alımı, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge gibi birçok fizyolojik olayın bozulmasına yol açtığı belirtilmektedir (Kennedy ve Gonsalves 1987, Asri ve Sönmez 2006). Bitkilerde meydana gelen bozulmaların yanı sıra, ağır metallerin bu bitkilerle beslenen insan ve diğer canlıların vücutlarında da zaman içinde birikimi nedeniyle; insan bünyesinde de ciddi hasarlar meydana getirdiği ve yaşamlarını olumsuz şekilde etkileyebildikleri bildirilmektedir (Kabata-Pendias ve Pendias 1984, Gupta ve Charles 1999, Nies 1999, Lane ve Morel

2000, Blaylock ve Huang 2000, Long ve ark. 2002, Lane ve Saito 2005, Terzi ve Yıldız 2011, Aybar ve ark. 2015).

İlgili ağır metallere Cd, özellikle fosforlu gübrelerin yoğun ve sürekli bir şekilde kullanımı sonucunda topraklarda birikebilme potansiyeline sahiptir. Kadmiyumun topraklardaki yüksek konsantrasyonlarına bağlı olarak bitkilerde de kadmiyum birikimi olabilmektedir. Bitkilerdeki söz konusu kadmiyum birikimi besin zinciri yoluyla da insan sağlığını olumsuz şekilde etkileyebilmektedir (Wagner 1993). Kadmiyum hayvanlar üzerinde de olumsuz etkide bulunmaktadır (Degreave 1981, Bhattacharya ve Chaudhuri 1995). Toksik bir ağır metal olan Cd'un bitki kökleri tarafından kolayca alınarak yeşil aksamına taşınabildiği bildirilmektedir (Marschner 1983, Sanita di Toppi ve Gabbrielli 1999). Kadmiyum'un bitkilerde birikimi sonucunda biyokimyasal ve fizyolojik olaylarda sorunlara yol açarak bitki büyümesi ve morfolojisini olumsuz şekilde etkilediği de bildirilmektedir (Sgherri ve ark. 2002). Araştırmalar kadmiyumun, tohum çimlenmesini ve bitki büyümesini engellediğini de ortaya koymuştur (Sandalio ve ark. 2001, Öztürk ve ark. 2003, Köleli ve ark. 2004, Thamayanthi ve ark. 2011). Bitkilerde kadmiyum birikimine bağlı olarak, fotosentezde (Stobart ve ark. 1985, Ciscato ve ark. 1999, Dunand ve ark. 2002, Chen ve ark. 2011) besin dağılımında (Wang 1987, Yang ve ark. 1996, Jiang ve ark. 2004) ve bitki-su ilişkilerinde (Barcelo ve Poschenrieder 1990) problemler ortaya çıkarttığı ve bu durumun sararma, büyümede gerileme, kök uçlarında kahverengileşme gibi gözle görülebilir zararlanma belirtilerine yol açtığı ve ölümlere neden olduğu bildirilmiştir (Drazkiewicz ve ark. 2003, Hsu ve Kao 2007, Anjum ve ark. 2008). Bitkilerde kadmiyum toksisitesinin özellikle de Calvin döngüsüne ve klorofil biyosentezine katılan fotosentetik enzimlerin aktivitesini engelleyerek fotosentetik proseslerin olumsuz şekilde etkilenmesine yol açtığı, aynı zamanda, bitkilerde azot (Boussama ve ark. 1999, Kumar ve Dubey 1999) ve kükürt metabolizmasıyla (Lee ve Leustek 1999) ilgili enzimlerin aktivitelerini de etkilediği bildirilmiştir.

Toprakta ağır metallere hareketliliğinin değiştiği ve davranışlarının çoğunlukla toprak koşullarındaki değişimlerden etkilendiği bildirilmektedir (Sherameti 2011 ). Çinko (Zn) ve kadmiyum'un (Cd) organik olarak bağlı, değiştirilebilir ve çözünebilir kolayca

hareketli olarak bulunduğu, Bakır (Cu) ve molibden (Mo)'in de organik olarak bağlı ve değiştirilebilir olduğu, Kurşun (Pb), nikel (Ni) ve krom'un (Cr) hafif hareketli ağır metallere olup, silikatlara bağlandığı belirtilmiştir.

Topraktaki ağır metallere hareket ve içeriğinin pedojenik süreçler, toprak yönetimi ve diğer çeşitli antropojenik faktörlerle kontrol edilebilir olduğu, toprak pH'sı, organik madde düzeyi, toprağın kil içeriği, karbonatlar ve tuz içeriği gibi toprak faktörlerinin topraktaki ağır metal durumunu etkileyebileceği belirtilmiştir (Sherameti 2011). Yapılan çeşitli araştırmalarda topraklara uygulanan kimi organik materyallerin topraklardaki ağır metallere hareketliliğini ve bitki bünyesine alımını azalttığı bildirilmiştir (Van. Assche ve Clijsters 1990). Tavuk gübresi de yüksek bitki besin elementi içeriği ile toprakların verimliliğini, havalanmasını ve su tutma kapasitesini artırması sebebiyle organik gübre kaynağı olarak kullanılmaktadır (Gupta and Charles 1999). Tavuk gübresi makro ve mikro pek çok bitki besin elementi yanı sıra üretim ve yönetim sürecine bağlı olarak pek çok ağır metali de bünyesinde barındırabilmektedir. Tavuk gübresinin kayda değer oranlarda ve yaklaşık olarak  $37 \text{ mg kg}^{-1}$  As,  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  Cd,  $390 \text{ mg kg}^{-1}$  Cu,  $655 \text{ mg kg}^{-1}$  Mn,  $35 \text{ mg kg}^{-1}$  Pb ve  $377 \text{ mg kg}^{-1}$  Zn içerdiği bildirilmiştir (Gupta and Charles 1999). Organik gübre kullanımına bağlı olarak ağır metallere neden olduğu riskler toprakların bu elementleri absorbe etme yetenekleri ile ilişkilidir. Bu iz elementleri absorbe edebilmeleri organik madde, kil mineralleri ve hidrate metal oksitlerin pH'ya bağlı yüzey yükleri oluşturabilme yeteneklerine bağlı olduğu bildirilmiştir (Pierzynski ve ark. 2005). Yapılan kimi çalışmalarda Cu ve Zn'nun kil içeriği yüksek topraklarda hareketsiz olduğu, atık çamur uygulamasıyla yüzey topraklarda Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının artış gösterdiği (Chang ve ark. 1984), tavuk gübresi uygulamaları ile kontrole oranla toprakların As, Cd, Cu ve Mn miktarlarında artış görüldüğü ifade edilmiştir (Gupta and Charles 1999).

Yapılan nceki araştırmalar yapraklı sebzelerde ağır metallere alımının tahıl ve baklagillere oranla biraz daha yüksek olduğunu, bu nedenle ağır metal kirliliğinin araştırılmasında test bitkisi olarak yapraklı sebzelerin tercih edildiğini ortaya koymaktadır (Farooq ve ark. 2008).

Yaprakları yenen sebzeler arasında ıspanak ve marul; son yıllarda yaygınlaşan tüketimleri yanı sıra hiper akümülatör özellikleri ve biriktirdikleri ağır metaller nedeniyle insan sağlığı ve beslenmesini önemli düzeyde etkileyebilecek sebzeler olmaları nedeniyle denememizde test bitkisi olarak kullanılmıştır.

Bu araştırma, ağır metallerle kirlenmiş toprağa uygulanan tavuk gübresi kompostunun ıspanak ve marul bitkisinin gelişimi ve kaldırdığı kimi element miktarlarının belirlenerek insan beslenmesine olabilecek etkilerinin ortaya konması amacıyla yapılmıştır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, ağır metaller, kadmiyum ve kurşun hakkında genel bilgiler, bitki ve insan yaşamındaki etkileri ve daha önceki yıllarda yürütülmüş farklı çalışmalar özet olarak sunulmuştur.

### 2.1. Ağır Metal Kirliliği

Toprakların doğal bileşenlerinden olan ağır metaller  $5 \text{ gr cm}^{-3}$ 'ten daha fazla yoğunluğa sahip, atom numarası 20'den büyük olan ve periyodik tabloda oldukça geniş bir bölümde yer alan doğal elementler olarak ifade edilmektedir.

Oluştukları kayacın bileşimine bağlı olarak toprakların farklı oranlarda ve formlarda ağır metal içerdikleri bildirilmektedir (Brümmer ve ark. 1991).

Ağır metallerin büyük kısmının yer kürenin derinliklerinde inert ham maddeler, fosil enerji kaynakları olarak, binlerce yıllık süreç içinde buldukları kayalardan fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışma olayları ile çözünerek toprak yapısına katıldığı, toprak mikroorganizmaları ve bitki kökleri tarafından da alınarak toprak üstü biyokütleyle taşındıkları ifade edilmektedir. Bu biyokütlenin çoğunun besin, yem ve yenilebilir enerji kaynağı olarak kullanıldığı, bir kısmının ise ham materyal olarak sistemde kalarak, topraktaki döngüsel olaylara katıldıkları belirtilmektedir. Topraklar dolaşım süreci sonunda ağır metallerin büyük çoğunluğunun son depolanma bölgesini oluşturmaları nedeniyle oldukça önem arz etmektedir. Topraklarda ağır metal kirliliğinin çoğunlukla yüzeyde veya yüzeye yakın kısımlarda oluştuğu, ağır metallerin hemen hemen tamamının toprakta kil mineralleri üzerinde adsorbe olduğu ya da topraktaki organik bileşiklerle birlikte kararlı forma dönüşebildiği ve birikimin derinlikle beraber genellikle azaldığı bildirilmektedir (Tok 1997, Sümer ve ark. 2013, Sarıyer 2017).

Antik çağlarda metal cevherlerinin işlenmeye başlamasıyla metallerin, insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak doğal döngü dışında atmosfere, hidrosfere ve pedosfere yayılmaya başladıkları ifade edilmiştir. Endüstriyel kullanım amaçlı ham maddeye

duyulan gereksinim nedeniyle, buldukları yerlerden alınıp işlenmeleri ve doğaya seyreltilip bırakılmaları yanında, fosil kökenli maddelerin enerji kullanımı amacıyla yakılmaları ve diğer endüstriyel atıklarla biyosfere salınmaları sonucunda bu elementlerden kaynaklanan kirlilik sorunlarının da her geçen gün artış gösterdiği bildirilmektedir (Sarıyer 2017).

Doğaya deşarj edilen ve insanlığı tehdit eden yüzlerce kirleticinin en önemlileri arasında; petrol, yağ, klorlu hidrokarbonlar, radyoaktif atıklar ve sentetik deterjanlar yanı sıra pestisitlerin, yapay ve doğal tarımsal gübrelerin ve ağır metallerin buldukları bildirilmiştir. Bu kirleticiler arasında yer alan ağır metallere; sucul ortamlarda ve ya canlılarda birikim yapmaları nedeniyle alıcı ortamların en ciddi kirleticileri gözüyle bakıldığı belirtilmiştir (Harte ve Owen 1991, Schüürmann ve Markert 1998, Sunlu ve Egemen 1998).

Bu süreçte toprakların doğal filtre edici özelliklerinin yanı sıra tamponlama kapasitelerinin ve toprakların pH, redoks potansiyeli, kation değişim kapasitesi, Cl, S, N içerikleri, organik maddelerin miktar ve niteliği gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin de önem taşıdığı ifade edilmiştir (Sarıyer 2017).

Antropojen kökenli ağır metallerin topraklarda genellikle oksitler ve nispeten iyi çözünen tuzlar halinde bulunduğu belirtilmiştir (Grupe ve Filipinski 1989). Koch ve Grupe (1993) antropojen kökenli Cd, Ni, Zn ve Pb'un jeolojik kökenli olanlara nazaran daha yüksek mobilitede olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle toprakta belli bir düzeyin üzerine çıkan metal konsantrasyonunun; toprak organizmaları ve bitki kökleri tarafından alındığı ve ya yeraltı suyuna karışarak taban suyu kalitesinin bozulmasına ve besin döngüsünün kirlenmesine neden olduğu belirtilmiştir (Haktanır ve Arcak 1998, Kahvecioğlu ve ark. 2004).

Tehlikeli kirleticiler olarak tanımlanan ve endüstriyel faaliyetler nedeniyle çevreye karışan ağır metallerin; biyolojik ayrışmaya uğramamaları nedeniyle kolayca toprakta birikebildiğı ve karmaşık yapılar oluşturarak zehirlilik miktarlarını da yükseltebildiğı ifade edilmektedir. Son yıllarda dünyadaki nüfus ve endüstriyel faaliyetlerin artışına

paralel olarak su, hava ve toprakların kirlenmesi tüm canlı hayatını tehdit eder boyutlara ulaştığı, hızlı sanayileşme ve nüfus artışıyla beraber bu problemlerin ülkemizde de görüldüğü belirtilmektedir (Sarıyer 2017).

## **2.2. Kurşun Kirliliği ve Yapılan Önceki Çalışmalar**

Son yıllarda nüfustaki hızlı artış, enerji ve besin yetersizliği, düzensiz kentleşme, insanların aşırı tüketim isteği ve çok hızla gelişen teknoloji çevre kirliliği sorununu da gündeme getirmiştir (Sağlam ve Cihangir 1995, Duru ve ark. 2011).

Kurşun; yumuşak, mavimsi ve ya gümüş grisi renğinde, 207,19 g atom ağırlığına sahip, atmosfere metal veya bileşik olarak yayılan ve toksik özellik taşıdığından çalışma ortamında 0,1 mg m<sup>-3</sup>'ten fazla bulunduğu çevresel kirlilik yaratan önemli bir ağır metaldir.

Kurşunun, asidik ve alkali şartlarda çok düşük düzeyde çözünebildiği, klor ve brom tuzlarının suda çok az, karbonat ve hidrosit tuzlarının ise hiç çözünemeyebileceği ifade edilmiş ve bundan dolayı da kurşun kaynaklarından az bir düzeyde çevreye kurşun bulaşması olabileceği ve biyolojik döngüde az düzeyde yer alacağı ifade edilmiştir. Kurşunun çevreye olan dağılımının genellikle kurşun madenlerinin olduğu yerlerde ve bunların işlendiği tesislerde bacalardan çıkan parçacıkların atmosfere yayılması ile olacağı bildirilmiştir (Metin 2010).

Günümüzden 4000-5000 yıl öncesinde, antik uygarlıklar tarafından gümüş üretimi esnasında yan ürün olarak keşfedildiği ve tarih boyunca kurşun üretim ve kullanımının giderek artış gösterdiği bildirilmiştir (Sarıyer 2017).

Kurşun endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerde yaygın olarak kullanılması nedeniyle çevrede sık rastlanılan ve insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşıdığı belirtilmiştir (Sarıyer 2017).



1920'lerde kurşun bileşiklerinin (Kurşuntetraetil  $Pb(C_2H_5)_4$ ) benzine ilave edilmeye başlanmasının kurşunun ekolojik sisteme yayınımda önemli rol oynadığı (227,250 ton  $yıl^{-1}$  ABD), uçuculuklarının diğer petrol bileşenlerinden daha fazla olması nedeni ile ilave edildiği yakıtın da uçuculuğunu artırdığı ifade edilerek en yoğun olarak yol kenarının ilk 50 m'si içerisinde kurşun birikiminin olabildiği bildirilmektedir (Metin 2010, Sarıyer 2017).

Kurşun dağılımı incelendiğinde sanayileşme ve araba kullanımı ile kurşun yayınımları arasındaki ilişki açıkça görülmektedir. Otomobil endüstrisi, batarya ve benzin katkısı olarak tetraetil ve tetrametil olarak kullanılmasının yanı sıra kurşun içeren pestisitlerin, gübrelere, arıtma çamurlarının ve kompostun kullanılmasıyla da tarım topraklarına Pb bulaşmakta, bunun sonucunda bitkilere de geçebilmektedir (Kalbasi ve ark. 1995, Üstbaş 2008).

Kurşunlu benzin ve boya maddelerinin yanı sıra yiyecekler ve su da kurşun kaynağı olabilmektedir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyeceklerin; tahılların, baklagillerin, meyvelerin ve birçok et ürününün bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun buldukları bildirilmiştir (Sarıyer 2017).

Arabaların eksozundan ve kurşun kullanan fabrikaların bacalarından çıkan dumanlar, sanayi, depolamadaki atıklar, madencilik ve kurşun eritme cevherleri, gübreleme, pestisitler, pigmentler ve katkılı benzin kullanımı ve metal kaplamalar havadaki kurşun kirliliğinin kaynakları olarak bildirilmiştir (Shama ve Dubey 2005, Akıncı ve Çalışkan 2010).

Sahibin ve ark. (2002), sebze tarımı (lahana, çay, orman vb) yapılan topraklardaki ağır metal kirliliğini araştırmak amacıyla beş farklı bölgeden aldıkları toprak örneklerinde Pb miktarını  $34,8-78,0 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında belirlemişlerdir.

Imperato ve ark. (2003), İtalyanın Naples bölgesinde yapılan çalışmada toplam 173 adet toprak örneğinde şehirleşmenin etkisi ile ağır metal içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Doğu, batı ve orta bölgelerden alınan toprak örneklerinde Pb içeriğinin  $4,0-3420 \text{ mg kg}^{-1}$

<sup>1</sup> arasında değiştiğini, ele alınan toprakların % 76'sının belirlenen sınır değerin üzerinde (>100 mg kg<sup>-1</sup>) Pb içerdiğini ve kirliliğin özellikle karayolu civarında arttığını belirlemişlerdir.

Aydınalp ve ark. (2003), vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerinin belirlenmesine yönelik olarak yaptıkları çalışmada; 15 adet farklı toprakta toplam Pb miktarının 19,14-33,47 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, DTPA ile ekstrakte edilen yarayışlı Pb miktarının ise 0,087-1,20 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydınalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki fluvisol ve vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinin farklı toprak derinliklerinde ağır metal dağılımını belirlemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada fluvisol topraklarda toplam Pb miktarının 3,6-4,8 mg kg<sup>-1</sup> ve vertisol topraklarda ise 17,0-52,0 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Mic ve ark. (2006), İşpanya'nın güneyinde yer alan ve yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı Segura nehrinin on farklı bölgesinden alınan toplam 29 toprak örneğinin toplam Pb içeriğinin 8,9-34,5 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ve Pb içeriklerinin sınır değerlerinin altında olduğunu belirtmişlerdir.

Tlustoş ve ark. (2006) madencilik faaliyetleri sonucu toprakların kirlilik düzeyini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; Pşebram bölgesi topraklarının Pb içeriklerinin 123-2000 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ve değerlerin ek Cumhuriyeti toprak kirliliği sınır değerlerinin üstünde olduğunu belirlemişlerdir.

Leştan ve Neğa (2006), toprak özellikleri ile kimi ağır metallerin yarayışlılığı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Slovenya'nın Meğica Valley bölgesinden 12, Celje bölgesinden 6 farklı lokasyondan almış oldukları toprakların Pb içeriğinin 56,3 ile 9585,1 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu belirlemiştir. Alınan toprak örneklerinin 12 sinin Pb içeriğinin sınır değerin üzerinde olduğunu (300 mg kg<sup>-1</sup>) bildirmiştir.

Qishlaqi ve Moore (2007), İran'ın Shiraz bölgesinde yoğun tarım yapılan ve yerleşimin yoğun olduğu iki bölgeden ağır metal birikimini belirlemek amacıyla almış oldukları 40 adet yüzey toprakta çeşitli analizler yapmışlardır. Sonuçta toprakların Pb içeriklerinin 90,9-440,6 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiğini, alınan toprak örneklerinin bazılarında artırılmadan kullanılan atık sulardan kaynaklanan yüksek Pb içeriğinin belirlendiğini bildirmişlerdir.

Bech ve ark. (2007), İspanya Katalunya bölgesi topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; toprakların Pb içeriklerinin 9,8-60,0 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, toprakların Pb içeriğinin organik madde ile pozitif ancak kireç ile negatif korelasyon verdiğini bildirmişlerdir.

Papafilippaki ve ark. (2007), yoğun olarak zeytin, limon ve üzüm tarımının yapıldığı ve kimyasalların kullanıldığı Chania bölgesinde ağır metal kirliliğini araştırdıkları çalışmalarında bölgeyi temsilen 26 adet 0-25 cm derinlikten toprak örneği almışlardır. Alınan toprak örneklerinde toplam Pb miktarının 11,48-33,55 mg kg<sup>-1</sup> arasında, alınabilir Pb içeriğinin ise 0,97 ile 3,98 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, değerlerin genel sınır değerlerinin (2-300 mg kg<sup>-1</sup>) altında olduğunu belirtmişlerdir.

Maldonado ve ark. (2008), yoğun olarak yem bitkileri yetiştirilen ve atıksu ile sulama yapılan Chihuahua bölgesi topraklarındaki ağır metal miktarını araştırmışlardır. Bu kapsamda atıksu ile sulama yapılan, belli dönemde sulama yapılan ve sulama yapılmayan bölgelerden almış oldukları topraklarda en yüksek Pb miktarını 155,83 mg kg<sup>-1</sup> olarak atıksu ve nehir suyu ile sulanan topraklarda belirlemiştir.

### **2.3. Kadmiyum Kirliliği ve Yapılan Önceki Çalışmalar**

Kadmiyum'un (Cd) gümüş beyazı renginde yumuşak bir metal olduğu, atom ağırlığının 112,40 g, özgül ağırlığının ise 8,642 g cm<sup>-3</sup> olduğu, yerkabuğunda ortalama 0,1-0,2 mg kg<sup>-1</sup> ve topraklarda düşük konsantrasyonlarda bulunduğu ifade edilmiştir (Kabata-Pendias ve Mukherjee 2007). Havada hızla kadmiyum oksite dönüştüğü, kadmiyum

sülfat, kadmiyum nitrat, kadmiyum klorür gibi inorganik tuzlarının suda çözünür olduğu belirtilmiştir (Keser 2008).

Değişik kaynaklardan topraklara ulaşan ve önemli bir çevre kirletici olan Cd'un bitki, hayvan ve insanların beslenmesinde mutlak gerekli bir element olmayıp, biyolojik bir fonksiyonunun bulunmadığı belirtilmektedir. Kadmiyum insan, hayvan ve bitkilerin tüm biyolojik süreçlerini olumsuz etkileyen en ekotoksik metallere denir ve çoğunlukla endüstriyel işlemlerden ve fosforlu gübrelerden besin zincirine transfer olduğu belirtilmiştir (Sandalio ve ark. 2001). Tarım topraklarında müsaade edilebilir Cd konsantrasyonunun  $3 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğu, genelde topraklarda Cd düzeyinin ise  $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$  civarında bulunduğu belirtilmiş olup, topraklara Cd girişinin % 54-58'inin fosforlu gübrelerden, % 39-41'inin atmosferik çökeltilerden ve % 2-5'inin atık çamurlardan kaynaklandığı bildirilmiştir (Alloway 1995).

Kadmiyum'un çinko üretimine eşlik eden metal olarak üretildiği, çinko üretiminde ortaya çıkıncaya kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmadığı, ancak günümüzde kadmiyum'un da çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini aldığı ifade edilmiştir. Kadmiyum kullanımı endüstriyel faaliyetler sonucunda artış göstermiş ve bunun sonucunda çevreyi olumsuz yönde etkilemiştir. İnsan yaşamını etkileyen önemli kadmiyum kaynaklarının; sigara dumanı, rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, tohum aşamasında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazları olduğu belirtilmiştir (Sarıyer 2017).

Kadmiyum elementinin sanayide geniş ölçüde kaplama materyali olarak, boya sanayinde boya pigmenti olarak kullanıldığı, plastik endüstrisinde de kadmiyumdan faydalandığı ifade edilmektedir.

Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, özellikle deniz koşullarında korozyona karşı dayanımı nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin kaplanması, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanıldığı belirtilmiştir. Kadmiyum'un fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine

petrol türevlerinde bulunduğu ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliğinin ortaya çıkabileceği ifade edilmiş, yollara yakın tarla topraklarında kadmiyum birikiminin fosofrlu gübrelerin yanı sıra motor yağları ve lastiklerin Cd elementi kapsamalarından kaynaklandığı bildirilmiştir (Sarıyer 2017).

Aydınalp ve ark. (2003), vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada alınan 15 adet farklı toprakta toplam Cd miktarının 0,23-0,51 mg kg<sup>-1</sup> arasında, DTPA ile ekstrakte edilen yarayıklı Cd miktarının ise 0,04-0,08 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydınalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki fluvisol ve vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinde ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada fluvisol topraklarda toplam Cd miktarının 1,0-2,8 mg kg<sup>-1</sup> ve vertisol topraklarda ise 1,5-6,3 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir. İncelenen toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd miktarının ise fluvisol topraklarda 0,01-0,55 mg kg<sup>-1</sup>, vertisol topraklarda ise 0,15-0,1 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Flustoš ve ark. (2006), Přebram bölgesinde Cambisols, Fluvisols ve Gleysols gruba giren tarım yapılabılır ve mera sınıfında yer alan 127 farklı noktadan alınan topraklarla yapmış oldukları çalışma sonucunda; tarım topraklarında 0,2-7,6 mg kg<sup>-1</sup> ve mera arazilerinde ise 0,6-37,0 mg kg<sup>-1</sup> düzeylerinde Cd belirlemiştir. Analiz edilen örneklerin % 8'inin Cd içeriğinin 1,0 mg kg<sup>-1</sup> dan daha düşük ve sınır değerin altında olduğunu bildirmişlerdir.

Micó ve ark. (2006), İspanyanın güneyinde yer alan Segura nehri bölgesinden yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı topraklarda ağır metal kirliliği ve bunların kaynakları ile ilgili çalışma yürütmüşlerdir. On farklı bölgeden toplam 29 toprak örneğinin analiz edildiği çalışma sonucunda toprakların toplam Cd içeriğinin 0,15-0,88 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, topraklardaki Cd'un insan faaliyetlerinden kaynaklandığını (gübreleme vb.) bildirmişlerdir.

Doelsch ve ark. (2006), Hint Okyanusunda volkanik bir ada olan Réunion topraklarındaki ağır metal miktarını araştırdıkları çalışmada; tarım yapılan ve yapılmayan topraklardan aldıkları 84 adet toprak örneğinin ortalama Cd miktarının  $0,15 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğunu belirlemiş, topraklardaki Cd'un tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı sonucuna varmışlardır.

Qishlaqi ve Moore (2007), İran'ın Shiraz bölgesinde yoğun olarak tarımın yapıldığı ve yerleşimin yoğun olduğu iki bölgede yapmış oldukları çalışmada 40 adet yüzey toprağının Cd içeriklerinin  $0,0$  (iz)- $5,6 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Alınan toprak örneklerinin bazılarında Cd içeriğinin yüksek çıkmasının artırılmadan kullanılan atıksulardan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Bech ve ark. (2007), İspanya Katalunya bölgesi topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada örnek aldıkları büyük toprak gruplarının (Calcaric Cambisols, Rendzic Leptosols ve Calcaric Regosols) Cd içeriklerinin  $0,08$ - $0,75 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Maldonado ve ark. (2008), yoğun olarak yem bitkileri yetiştirilen Chihuahua bölgesi topraklarındaki ağır metal miktarını araştırdıkları çalışmada; atıksu ile sulama yapılan, belli dönemde sulama yapılan ve sulama yapılmayan bölgelerden almış oldukları topraklar arasında en yüksek Cd'un atıksu ile sulanan topraklarda ( $4,48 \text{ mg kg}^{-1}$ ) belirlendiğini bildirmiştir.

#### **2.4. Ağır Metallerin İnsan Sağlığı Üzerine Olumsuz Etkileri**

Bazı metal elementlerin biyolojik süreçlere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırıldıkları, yaşamsal olarak tanımlananların hücresel işlemlerin sürdürülebilmesi konusunda insanlar için gerekli olup organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmalarının ve bu metallerin biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından düzenli olarak besinler yoluyla alınmalarının zorunlu olduğu bildirilmiştir (Bigersson ve ark. 1988).

Diğer ağır metallerin insan vücuduna önemli bir katkısı olmadığı, düşük konsantrasyonlarda alındığında vücudu olumsuz etkilememesine rağmen, daha yüksek veya sık konsantrasyonlarda alındığında ise olumsuz etkilerinin ortaya çıkabildiği bildirilmiştir (Wagner 1993).

İnsan sağlığını olumsuz yönde etkileyen metaller arasında kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), nikel (Ni), cıva (Hg), arsenik (As), krom (Cr), uranyum (U), berilyum (Be) ve kalay (Sn)'ın bulunduğu ifade edilmiştir. Çok az derişimlerinin bile ölümle sonuçlanabilecek bir zehirlenme için yeterli olabilmesi nedeniyle bu toksik elementlerin canlı yaşamı ve çevre kirliliği açısından önemini her geçen gün daha da arttırdığı bildirilmiştir. (Keser 2008, Hashem et al. 2013, Adesoye 2014, Zhang et al. 2014a).

Ağır metaller, çevreye doğal kaynakların yanı sıra endüstriyel ve evsel atıklar, kullanılan fosil kökenli yakıtlar, tarımsal ilaçlar, taşıtlar ve kullanılan tarımsal gübrelere yayılarak havayı, suyu ve toprağı kirletmektedir.

Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin atık yakma tesislerinde yakılması sonucunda ortama yayılmaktadır.

Havada bulunan parçacıkların % 0,01 ile % 3'ünün sağlık yönünden toksik etkiler gösteren eser elementlerden meydana geldiği, bunların sağlık yönünden öneminin, insan dokularında birikime uğramalarından ve birbirine bağlantılı etkilerinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Havadan solunum yolu ile alınan parçacıklara ek olarak önemli miktarda metalik maddelerin yiyecekler ve içme suları aracılığı ile de vücuda alındığı ifade edilmektedir (İlhan ve ark. 2006, Keser 2008).

Sanayinin gelişmesiyle birlikte, kimyasal gübre ve ilaç kullanımındaki artışlar da kirleticiler türlerini ve oranlarını yükselterek, nüfus artışı ile beraber su kaynaklarını kirlletmeye başlamıştır. Sanayi kaynaklı siyanür, bakır, cıva, kurşun, kadmiyum, arsenik vb. inorganik bileşiklerin, tarımsal uygulamaların oluşturduğu kimyasal gübre

atıklarının, pestisit atıklarının ve deterjanların su kaynaklarına karışarak insan sağlığını tehdit edebileceği ifade edilmiştir (Sarıyer 2017).

İnsan ve hayvanlar tarafından ağır metallerin düşük seviyelerde de olsa sürekli olarak yiyecek maddeleri ile alınmasına rağmen, atılmalarındaki zorlukları dolayısıyla vücutta birikim özelliği göstermelerinin insan sağlığında bazı zararlı etkilere neden olabileceği ifade edilmiştir (Yılmaz 2014).

Bitkilerin ağır metalleri topraktan ve kirli havayla maruz kalan yapraklarından aldıkları belirtilmiş, bitki kökleri ve stomalar aracılığıyla bitki içerisine giren kurşunun, bitkinin değişen kısımlarında biriktiği ve besin zincirine girerek dolaylı olarak veya solunumla doğrudan insan sağlığını etkileyebileceği bildirilmiştir (Zurera ve ark. 1989, Çavuşoğlu ve ark. 2009).

İnsan vücudundaki kurşun miktarının tahmini olarak ortalama 125-200 mg civarında olduğu ve normal koşullarda insan vücudunun normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahip olduğu ve birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktarın 300-400 µg'ı geçmediği bildirilmiştir (Bigersson ve ark. 1988).

Kurşunun farklı enzim sistemleri ile etkileşim göstermesi nedeniyle kurşun birikiminin birçok organ veya sistem içinde mümkün görüldüğü, insanlarda genelde kan kurşun derişiminin 0,04-0,06 µg mL<sup>-1</sup>, kentsel alanlarda yaşayanlarda ise 0,1 µg mL<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir. Kandaki kurşun derişiminin 0,2 µg mL<sup>-1</sup> limitini aşması durumunda kan sentezinin inhibe olduğu, 0,3-0,8 µg mL<sup>-1</sup> limitlerinde duyu ve motor sinir iletişim hızında azalma görüldüğü, 1,2 µg mL<sup>-1</sup> limitinin aşılmasından sonra ise yetişkinlerde geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarlarının meydana gelebileceği belirtilmiştir (Keser 2008).

Havadaki kurşun derişimi ile kandaki kurşun derişimi arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu, havadaki 1 µg m<sup>-3</sup> kurşunun derişiminin kanda 0,01-0,02 µg mL<sup>-1</sup> civarında derişim oluşturduğu tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü, sağlık üzerine olumsuz etkilerin gözlenmediği 0,1 µg mL<sup>-1</sup> kan kurşun derişim limitinin aşılmaması amacı ile



kent havasındaki kurşun derişiminin 0,5-1  $\mu\text{g m}^{-3}$  olarak hedeflenmesini önermektedir (Keser 2008).

Sebze yetiştiriciliğinde kurşun kirliliği üzerine araştırmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Kurşunun bitkiler üzerinde birikmesi ve doğrudan insanlara geçmesi, bitkiler üzerinde yapılan çalışmanın önemini artırmıştır. Ağır metallerce kirlenmiş topraklarda yetişen yoncanın topraktaki ağır metalleri temizlediği bildirilmektedir (Demir ve Düz 2008).

Kadmiyumun diğer ağır metallere içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan element olması sebebiyle doğadaki yayılım hızının yüksek olduğu,  $\text{Cd}^{2+}$  halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınarak akümüle olma özelliğine sahip olduğu, ancak insan yaşamı için gerekli elementlerden biri olmadığı, kadmiyumun yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman bitki, hayvan ve insanlara toksik etkisi olan bir element olduğu ifade edilmektedir (Marschner 2008).

Yeni doğmuş bebeklerde hiç kadmiyum bulunmadığı, plasenta ya da kan yoluyla anne karnındaki bebeğe geçmediği bildirilmektedir. Cd seviyesinin ilerleyen yaşla beraber artış gösterdiği, insan vücudunda normal olarak 40 mg'a kadar kadmiyum bulunabildiği, genellikle 50'li yaşlarda maksimum seviyeye ulaştıktan sonra azalmaya başladığı ifade edilmektedir.

Günlük olarak 40  $\mu\text{g}$ 'a kadar kadmiyumun vücuttan atılabildiği, vücuttan atılımının az olması ve birikim yapması nedeni ile sağlık üzerine olumsuz etkilerinin zamanla ortaya çıktığı bildirilmektedir. Yapılan araştırmalarda uzun süreli temastan en fazla etkilenecek organın böbrekler olduğu, böbrekte biriken kadmiyum derişiminin (yaş ağırlık üzerinden) 200 mg  $\text{kg}^{-1}$ 'a ulaşması durumunda, böbrek fonksiyonlarında bozulma meydana getirdiği tespit edilmiştir. Böbrekte oluşan hasarın tekrar geriye dönüşünün mümkün olmadığı, akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda da kadmiyumun etkisinin olduğu ifade edilmiştir (Keser 2008).

Kadmiyum fazlalığıyla insanlarda yaygın olarak akciğer, karaciğer, böbrek rahatsızlıkları, görme bozukluğu, kansızlık ve yüksek tansiyon gibi sağlık

problemlerinin görüldüğü, Dünya Sağlık Örgütü'nün rakamlarına göre yetişkin bir insanın günlük alabileceği tolere edilebilir Cd miktarının 60-70 µg, haftalık 400-500 µg olduğu ifade edilmiştir. Besinlerin kadmiyumun vücuda girmesinde ana yol olduğu, ancak sigara içmenin de önemli giriş kaynaklarından biri olduğu, dünyada beslenme ile ortalama günlük 25-75 µg Cd alınırken, sigara içen insanlarda buna ilave olarak 20-35 µg daha Cd alındığı belirtilmiştir (Alloway 1995).

Havadaki kadmiyumun, 1 mg m<sup>-3</sup> limitini aşması durumunda, solunumdaki akut etkilerinin gözlenebildiği bildirilmiş, 0,01 mg m<sup>-3</sup> kadmiyum içeren havanın 14 günden daha fazla solunması durumunda kronik akciğer rahatsızlıklarının ve böbrek yetmezliğinin ortaya çıkabildiği belirtilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü insan sağlığının korunması için havadaki kadmiyum derişiminin kırsal alanlarda 1-5 ng m<sup>-3</sup>, zirai faaliyetlerin bulunmadığı kentsel ve endüstriyel bölgelerde ise 10-20 ng m<sup>-3</sup> ü aşmaması gerektiğini tavsiye edilmiştir (Keser 2008).

Kadmiyum, önemli enzim ve organ fonksiyonlarında çinkonun yerini alabilmektedir ve bu fonksiyonların gerekli şekilde gerçekleşmesini engellemektedir. Zn yetersizliği nedeniyle Cd zehirlenmesi arttığından Zn ve Cd'un vücut içindeki oranlarının önemli olduğu, tahılların rafinasyon işleminin bu oranı düşürdüğü ve dolayısıyla Zn eksikliği ve Cd zehirlenmesinin fazla rafine edilmiş tahıl ve unların tüketimiyle artış gösterdiği bildirilmiştir (Sarıyer 2017).

## **2.5. Ağır Metallerin Bitki Gelişimi Üzerine Olumsuz Etkileri**

Toprakta ağır metallerin oluşturduğu kirliliğin bitkilerdeki belirtilerinin metalden metale değişebildiği gibi bitki türleri arasında da farklılık görülebileceği ifade edilmektedir (Sarıyer 2017).

Ağır metallerin belirli dozlardan itibaren bitkilerdeki fizyolojik ve biyokimyasal olayları direkt ve ya indirekt olarak etkilediği, bitki türlerinin abiyotik stres faktörlerine olan toleranslarının da aynı olmadığı ifade edilmiştir. Bu durumun bitkilerin tipine, çeşidine

stres faktörlerine maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya yapısına göre büyük farklılıklar oluşturduğu belirtilmiştir (Barman ve ark. 2000).

Ağır metallerin etkilerine bitkilerin farklı gelişim dönemlerinde rastlanabildiği, bitkilerin stres ve ya toksiteye tepkilerinin ilk çimlenme ve gelişim aşamalarında daha belirgin ve önemli olduğu bildirilmiştir (Akıncı ve Çalışkan 2010).

Bitkilerin elementleri seçici özelliklerle aldıkları, ağır metallerin bitkilerdeki birikiminin ve organlardaki dağılımının bitkinin ve elementin türüne, kimyasal ve biyolojik aktiviteye, indirgenme-yükseltgenme potansiyeline, pH değerine, katyon değişim kapasitesine, oksijen çözülmesine, ısıya ve köklerin salgı yeteneğine bağlı olduğu bildirilmiştir (Sharma ve Dubey 2005, Koca 2012, Gümüş ve ark. 2019).

Önceki araştırmalarda diğer sebzelerden daha büyük bir kapasitede ağır metal biriktirme potansiyelleri nedeniyle ağır metal kirliliğinin araştırılmasında yapraklı sebzelerin tercih edildiği ifade edilmektedir (Farooq ve ark. 2008).

Marulun yapraklı sebzeler arasında en iyi akümülatör bitkilerden biri olduğu ve bünyelerinde çoğunlukla kadmiyum başta olmak üzere nikel ve kobalt gibi ağır metalleri biriktirdiği bildirilmiştir (Boysan-Canal ve ark. 2018).

Kadmiyum birikiminin bitki çeşitlerine göre farklılık gösterdiği, yaprağı yenen bitkilerden son yıllarda tüketimi yaygınlaşan marul ve ıspanağın kadmiyum elementini en fazla biriktiren sebzeler olduğu, yine biriktirdiği kurşun miktarının da daha kolay tespit edilebilmesi nedeniyle ıspanağın test bitkisi olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Lehoczky ve ark. 1998).

Ağır metallerin toprakta toksik miktarlarda bulunmaları durumunda bitkilerde transpirasyon, stoma hareketleri, su absorpsiyonu, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge gibi çok sayıda fizyolojik olayın bozulmasına sebep olduğu belirtilmiştir (Asri ve Sönmez 2006).

Topraklarda yetiştirilen bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının artış göstermesi ve insan sağlığını tehdit eder boyuta gelmesi nedeniyle bitkiler ve insanlar üzerindeki zararlı etkilerini belirlemek için bitkilerde toksik türlerin tayinini belirlenmesine yönelik çalışmaların önemli olduğu bildirilmiştir (Deveci 2012).

Bitkilerde genel olarak görülen ağır metal toksisite belirtilerinin, kloroz yanı sıra kahverengi benek oluşumu, yaprak, gövde ve kök kısımlarının deformasyonu şeklinde de görülebildiği belirtilmiştir (Tok 1997, Kacar ve İnal 2010, Karaman 2012).

Kurşun bitkiler için gerekli bir element olmamasına rağmen, bütün bitkilerde doğal olarak bulunmaktadır (Kabata-pendias ve Pendias 1984). Kurşuna maruz kalmış bitkilerde kök uzaması ve biyokütlerde azalma (Fargasova 1994), klorofil biyosentezinde engellenme (Miranda ve Ilangovan 1996), bazı enzim aktivitelerinde tetiklenme veya engellenmeler olduğu rapor edilmiştir (Van Assche ve Clijsters 1990).

Sebzelerin farklı türlerinde tespit edilen ağır metal sıralamasının  $Pb > Zn > Cr > Cu > Cd$  şeklinde olduğu belirtilmiştir. Sanayi alanların çevresinde farklı sebze yetiştiriciliğinde ağır metalin girişini araştıran bir çalışmada Pakistan Faisalabadın sanayi alanların çevresinde ıspanak, marul, karnabahar, turp, kişniş ve lahananın yapraklarında kurşun konsantrasyonun 2,251; 2,411; 1,331; 2,035; 2,652 ve 1,921 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirtilmiştir (Farooq ve ark. 2008).

Kurşun elementinin, hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesini olumsuz etkilemesi, stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltması nedeniyle; bitki su rejiminin etkilendiği, aynı zamanda kökler tarafından tutulması ve kök gelişimini azaltması nedeniyle de bitkilerin katyon ve anyon alımını etkilediği bildirilmektedir (Sharma ve Dubey 2005).

Soma'nın Turgutalp yöresinde yol kenarında yetişen tütün yapraklarındaki kurşun miktarlarını tespit etmek amacıyla yapılan araştırmada tütün yaprak örnekleri tarlanın 0-10-20-50 ve 100'üncü metrelerinden toplanmış ve bu mesafelerin her birinin 1'inci, 4'üncü, 8'inci, 12'inci sıralarından örnekler alınarak ICP'de (İndüktif Eşleşmiş Plazma) kurşun miktarları ölçülmüştür. Araştırma sonucunda tarlanın 50 ve 100'üncü metrelerinden alınan tütün yaprak örneklerinde kurşun miktarlarının yüksek olduğu

saptanmış, Pb miktarı fazla olan topraklarda yetişen bitkilerin solgun ve küçük yapraklı oldukları ifade edilmiştir (Sesli 2002).

Yapılan pek çok çalışma sonucunda; kurşuna maruz kalan bitkilerde; tohum çimlenmesinde, kök ve gövde uzamasında azalma (Fargasova 1994), klorofil biyosentezinde inhibisyon (Miranda ve Ilangovan 1996), kloroz (yaprakların sararması) (Johnson ve ark. 1977), fotosentez miktarında azalma (Bazzaz ve ark. 1974), birçok enzimde indüksiyon ve inhibisyon (Van Assche and Cliisters 1990), hücre yapısında bozulma, kromozom lezyonları ve bölünme anomalileri (Xiong 1997) gibi olumsuzluklar görüldüğü, kurşunun bu olumsuz etkileri nedeniyle bitkilerde bozulmalara ve ekosistemde tahribatlara yol açtığı ifade edilmiştir (Lamersdorf ve ark. 1991, Fargasova 1994).

Dahmani ve ark. (2000), kök ve yaprak kurşun konsantrasyonları arasında oluşan büyük farkın, köklerden sürgün ve yeşil yapraklara doğru metallerin taşınmasında oluşan kısıtlamanın göstergesi olduğunu bildirmiştir.

Bitki türlerinin ağır metalleri biriktirmesinde ve taşınmasında değişen kapasiteleri; kimi bitki türlerinin spesifik ağır metalleri depolayabileceğini göstermiş, bununla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Wenzel ve ark. (1999)'nın yapmış olduğu araştırmada, topraktaki ağır metallerin temizlenmesinde bitkilerin etkili olduğu vurgulanmıştır.

Ağır metallerce kirlenmiş topraklarda yetişen yonca dokularının topraktaki ağır metalleri temizlediği ifade edilmiştir (Demir ve Düz 2008). Bu ağır metalleri alan bitkilerin, hayvan ve insan beslenmesinde temel besin maddesi olarak kullanılması durumunda insan sağlığı için ciddi bir riske sebep olacağı da bildirilmiştir (Farooq ve ark. 2008).

Kurşunun sebep olduğu kirliliğin boyutlarını araştırmak amacıyla toprak, havadaki toz partikülleri, su sistemlerindeki sedimentler ve yol kenarında yetişen bitkilerin

kullanıldığı, bitkisel materyaller arasında en fazla tercih edilenlerin ise mantar, liken, karayosunu, ağaç kabukları, tek yıllık ve çok yıllık bitkilerin yaprakları olduğu ifade edilmiştir (Çavuşoğlu ve Arıca 2007).

Sebze yetiştiriciliğinde kurşun kirliliği üzerine araştırmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu ifade edilmiş, *Lens culinaris* ile yapılan bir çalışmada kurşunun artan konsantrasyonlarının, yaprak oluşumunu engellediği; yapraklarda kloroz, nekroz ve solgunluğa neden olduğu; gövdede yaş ve kuru ağırlığı azalttığı bildirilmiştir (Jana ve Dalal 1987).

*Triticum aestivum* ve *Cucumis sativus* tohumlarında çimlenme ile bitki büyümesini engelleyerek, kloroz ve nekroza neden olduğu rapor edilmiştir (Sinha ve Tripathi 1993).

Düşük kurşun konsantrasyonları ile muamele edilen *Lupinus luteus*, *Sesamum indicum*, *Sinapsis alba*, *Raphanus sativus* ve *Lactuca sativa* tohumlarının çimlenmesinde, fidelerin kök ve gövde uzunluklarında, kontrole göre, belirgin bir farkın olmadığı, ancak yüksek kurşun konsantrasyonlarında tohumların çimlenmelerinde, kök ve gövdenin uzamasında konsantrasyon artışıyla azalma olduğu bildirilmiştir (Miranda ve Ilangovan 1996).

Kurşun uygulanan *Hordeum vulgare* ve *Zea mays* bitkilerinin kök/gövde oranlarının kontrol bitkilerine göre azaldığı bildirilmiştir (Wierzbicka 1998).

Kurşunun *Phaseolus vulgaris* L.'nin kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine etkilerinin belirlendiği çalışmada; ağır metale en duyarlı kısmın kökler olduğu bunu da sırasıyla gövde ve yaprakların takip ettiği bildirilmiştir (Ayaz ve Kadioğlu 1997).

Domates fidelerinde 0, 75, 150 ve 300 mg lt<sup>-1</sup> kurşun dozları ile yapılan çalışmada kurşun uygulamaları ile domates fidesinin yaprak, sürgün ve köklerindeki kurşun konsantrasyonunun arttığı belirtilmiştir. Düşük dozdaki kurşun uygulamasında yapraklarda 312 mg kg<sup>-1</sup>, sürgünde 130 mg kg<sup>-1</sup> ve köklerde 510 mg kg<sup>-1</sup> bulunmuştur. Buna ek olarak bitkideki kurşun seviyeleri özellikle yüksek dozdaki kurşun uygulamasında ve orta dozdaki uygulamalarda yapraklarda 917– 1750 mg kg<sup>-1</sup>,

sürgünde 750–1022 mg kg<sup>-1</sup> ve kökte 1438–2520 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Kurşun uygulaması diğer Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Zn, Cu ve Mn gibi elementlerin miktarında azalmalara yol açarak besin elementi noksanlığına neden olmuştur (Akıncı ve Çalışkan 2010).

Kadmiyum'un diğer metallere oranla daha fazla suda çözünebilirliğe ve hareketliliğe sahip olduğu, bitki tarafından alınabilirliğinin de fazla olması nedeniyle toprakta birikimi en tehlikeli ağır metal olduğu ifade edilmiştir (Sarıyer 2017).

Kadmiyumun toprak içindeki biyolojik yarayışlılığının çeşitli toprak özellikleri tarafından kontrol edildiği, bunlar sırası ile toprak pH'sı, organik madde düzeyi, toprağın kil içeriği ve katyon değiştirme kapasitesi olduğu ifade edilmiştir. Özellikle asit reaksiyona sahip topraklarda ağır metallerin hareketliliğinin fazla olduğu, pH değeri 7'nin üzerindeki topraklarda kadmiyum, kalsiyum ve magnezyum tarafından yer değiştirilmek sureti ile kil mineralleri yüzeyinde tutulduğu belirtilmiştir. Yine kireçli topraklarda kadmiyum, CdO, CdCO<sub>3</sub> ve Cd<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> formunda çökelediği, bu durumun kadmiyumun bitki tarafından alınımını azaltıp engellediği ifade edilmiştir (Gao ve ark. 2010, Sherameti 2011).

Kadmiyum toprak, kök ve tohum sisteminde yüksek hareketliliği nedeniyle, insan ve canlı sağlığı açısından ciddi problemlere neden olabilecek niteliğe sahip ağır metaldir. Kadmiyum bakımından kirli topraklarda yetişen bitkilerin yenilebilir kısımlarında geniş ölçüde biriktiriliyor olmasının bu ağır metalin besin zincirine katılmasına neden olduğu belirtilmiştir (Monteiro ve ark. 2009).

Bitkilerin ağır metal stresinden etkilenme düzeylerinin, çevre faktörleri ve bitkinin gelişme dönemine göre farklılık gösterdiği, farklı bitki türleri ve tür içerisindeki genotiplerin de farklı duyarlılık gösterdikleri belirtilmiştir. Örneğin yumru köke sahip ve yaprağı yenen sebzelerin diğer sebzelere, makarnalık buğdayların ekmeclik buğdaylara göre daha fazla Cd biriktirdiği gözlemlenmiştir (Stolt ve ark. 2003).

Kacar ve İnal (2008), yeşil tüketilen sebzelerde kadmiyumun yaprakta birikmesine karşılık tahıllarda kök kısımlarında daha fazla kadmiyum bulunduğunu ve bitkinin kök bölgesinden tepe kısmına doğru azaldığını belirtmiş, Pillay ve ark. (2007) da özellikle marul bitkisinde kadmiyumun en fazla biriktiği bölgenin yaprakları olduğunu ifade etmiştir.

Marul'un yüksek miktarda Cd biriktiren bitkilerden biri olduğu (Pais ve Jones 2000), Marul Cd konsantrasyonu'nun 29-400 ppm arasında değiştiği (Kabata-Pendias ve Mukherjee 2007), dokularında 3 mg kg<sup>-1</sup>'dan fazla Cd içeren bitkileri düzenli olarak tüketen insanlarda Cd'un toksik etkilerinin görülebildiği bildirilmiştir (Alloway 1995).

Salt ve ark. (19975) kadmiyumun hareket ve birikim mekanizmasını anlamak için hardal bitkisinde yaptıkları çalışmada, kadmiyumun ilk önce genç yapraklarda biriktiğini ve klorozun ilk olarak buralarda görüldüğünü, Cd uygulamasına paralel olarak bitkideki Cd konsantrasyonunun arttığını ortaya koymuşlardır. Transprasyon oranının azalması ile yapraklardaki Cd konsantrasyonunun azaldığını ancak kökte bir değişim olmadığını bu nedenden dolayı kök ve gövdeye alım mekanizmalarının birbirinden farklı olduğunu söylemişlerdir. Yaprğa taşınmasında transprasyon oranı, kök alımını, radyal taşınma ve ksilem yüklemesi gibi faktörlerin etkili olduğunu, yüksek Cd koşulları altında Mn içeriğinin düştüğünü, Cu konsantrasyonunun gövde de düştüğünü ancak kökte herhangi bir değişim olmadığını belirtmişlerdir.

Doğrudan toksik etkinin bitkisel hacimde azalmaya bağlı klorofil sentezi ve fotosentezde azalmayla kendini gösterdiği ifade edilmektedir (Padmajave ark. 1990). Güçlü fitotoksik etkiye sahip olan kadmiyumun bitki hücrelerine girdiği zaman birçok fizyolojik ve metabolik fonksiyonların bozulmasına yol açtığı belirtilmiştir (Shao ve ark. 2007). Kadmiyum toksisitesinin, klorofil biyosentezini, kalvin döngüsündeki rubisco aktivitesini ve fotosentetik enzimlerinin aktivitelerini engelleyerek fotosentez mekanizmasına zarar verdiği rapor edilmiştir (Tiryakioğlu ve ark. 2006). Kadmiyum toksisitesi ile yaprakların büyümesinde gerileme sonucu yaşlanma sürecindeki artışa bağlı olarak, peroksidaz, RNA, DNA etkinliğinde aşırı artış görüldüğü belirtilmektedir (Barcelo ve Poschenrieder 1990). Ağır metallerin bitkiler üzerindeki olumsuz etkisinin



büyük ölçüde bitkinin hangi büyüme aşamasında kadmiyuma maruz kaldığı ile ilgili olduğu, gelişimin erken dönemlerinde kadmiyuma maruz kalan bitkide toksisite etkisinin büyümede gerilemeyle sonuçlanırken, daha ileri safhalarda bitkinin yaşlanma sürecini hızlandırarak toksisiteye cevap verdiği belirtilmektedir (Siedlecka ve Krupa 1999). Kloroplastların, bitkideki kadmiyum toksisitesi ve demir eksikliği veya fazlalığına karşı aşırı hassasiyet gösterdiği, bitki tarafından alınan kadmiyumun ancak %1'inin kloroplastlarda yer almasına rağmen, kloroplast yapısında ve işlevinde önemli ölçüde bozulmalara yol açtığı ifade edilmiştir (Ghoshroy ve Nasdakavukaren 1990, Siedlecka ve Krupa 1996).

Kadmiyum toksisitesinin bitkideki simptomlarının kloroz ve bodur büyüme şeklinde görüldüğü, klorozun, yaprak demir içeriği ile dolaylı ve doğrudan etkileşim ile ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Yetiştirme ortamında yüksek düzeyde kadmiyum bulunması bitki tarafından demir alımını azalttığı, klorozun, demir yarayışlılığının düşük olduğu nötr ve alkali tepkimeye sahip topraklarda daha fazla görüldüğü ifade edilmiştir (Das ve ark. 1997).

Kadmiyum yüksek miktarlarda alındığı zaman bitkide oksidatif stres meydana geldiği, oksidatif stresin artmasının kadmiyum toksisitesinde engellenen bitki gelişimi ve reaktif oksijen radikallerinden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Fediuc ve Erdei 2002).

Kadmiyum ile demir etkileşiminin en önemli göstergesinin kadmiyumun köklerden yapraklara demir taşınımını engellemesi olduğu bildirilmiştir. Bitkinin beslenme ortamında kadmiyum bulunması halinde demir taşınımını önemli ölçüde azaltarak sürgünlerde demir eksikliğine neden olduğu belirtilmiştir. Kadmiyum ile demir arasında tek yönlü etkileşimden ziyade karşılıklı etkileşim olduğu, kadmiyumun bitkinin demir alımını zorlaştırdığı gibi demirin de aynı zamanda kadmiyumun bitki tarafından alımını ve köklerden sürgünlere taşınımını etkilediği belirtilmektedir. Kadmiyum toksisitesi altındaki bitkilerin ağır metali köklerde tutup taşınımını olabildiğince azaltabilmek için üç temel strateji kullandığı, bunlardan birincisinin; kadmiyumu metabolik olarak inaktif bileşikler haline dönüştürmek, ikincisinin; toksik iyonların hücre zarında veya vakuol

içinde biriktirilmesinin sağlanması ve üçüncüsünün ise çözünmez formda tutulması olduğu ifade edilmiştir (Siedlecka ve Krupa 1999).

Vivek ve ark. (2001) tarafından yapılan su kültürü çalışmasında, bezelye bitkisine 4 ve 40  $\mu\text{M}$  Cd uygulayarak ağır metalden etkilenmesini ve bünyesinde biriktirmesini tespit etmek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırma sonucunda kadmiyumun bitki biyokütlesini azalttığını, bitkinin 4  $\mu\text{M}$  Cd'a oranla 40  $\mu\text{M}$  Cd'dan daha fazla etkilendiğini ve köklerin en fazla kadmiyumu biriktirdiğini, bunu gövde ve yaprağın izlediğini saptamıştır.

Stolt ve ark. (2003) ekmeklik ve makarnalık buğdayda yaptıkları çalışmada, kadmiyumun yüksek konsantrasyonlarının bitki gelişimini önemli bir şekilde engellediğini, ancak çeşitler arasında önemli bir fark bulunmadığını, gövdeye göre kökte daha fazla Cd biriktirdiğini ve makarnalık buğdayın daha fazla Cd biriktirdiğini tespit etmişlerdir.

Milone ve ark. (2003) buğdayda çeşitli stres faktörlerine dayanıklı Ofanto çeşidi ile Ofanto'ya göre daha hassas olan Adamello çeşidinin kadmiyuma verdikleri tepkiyi çalışmışlardır. Yapılan Cd uygulaması ile her iki çeşidin de kök gelişimi engellenmiş, gövde ve kökün yaş ve kuru ağırlıkları azalmıştır. Adamello köklerinde kadmiyumu çok biriktirirken, Ofanto yapraklarına taşımıştır. Ofantonun daha dayanıklı olmasını kökün bitkinin Cd ile ilk temas noktası ve ilk bariyeri olduğu, kadmiyumu köklerde fazla tutmadan üst aksamına taşıdığı, bu nedenden dolayı köklerin ve bitkinin gelişirken diğer çeşitlere göre daha az zarar gördüğü ve daha dayanıklı olduğu şeklinde açıklamışlardır.

Çekiç (2004) domates bitkisinin bazı fizyolojik parametreler ve antioksidant savunma sistemi üzerine tuz ve ağır metal stresinin etkilerini incelediği çalışmasında, 0, 100 ve 200 mM NaCl ile 0, 100 ve 200  $\mu\text{M}$  CdCl<sub>2</sub> uygulamıştır. Kök ve gövde uzunluğunun, klorofil miktarının ve oransal su içeriğinin yapılan kadmiyum uygulamaları ile azaldığını belirtmiştir.

Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun bitki için gerekli olmadığını, bitkinin gelişimini olumsuz etkilediğini, suda yüksek bir çözünürlüğe sahip olduğu için önemli bir kirletici olduğunu belirtmiştir. Ayrıca kadmiyumun taşınırken suyu ve Ca, Mg, K, P gibi bazı elementleri kullandığını ifade etmiş, kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu saptamışlar. Ayrıca kadmiyum birikiminin bitki kısımlarına göre kök>gövde>yaprak>meyve>tohum şeklinde sıralandığını belirtmişler.

Syed ve ark. (2007) kum kültüründe nohut bitkisi ile yürüttükleri çalışmada, kadmiyumun gelişim üzerine etkilerini anlamak için bitkiye 0, 50, 100, 150 µM Cd uygulamışlardır. Bu çalışmada kök uzunluğu, kök ve gövdenin yaş ve kuru ağırlıklarının ortamdaki Cd konsantrasyonunun artması ile azaldığını, kök gelişiminin engellenmesinin Cd'un ortamda bulunması ile hücre duvarı bileşenlerinin çapraz bağlantı ile bağlanması sonucu kök hücrelerinin genişlemesinin engellenmesinden kaynaklandığını belirlemişlerdir.

Bitiktaş (2007) yaptığı çalışmada sabit oranda arıtma çamuru ve değişen dozlarda çinko ve kadmiyum uygulamasının marul bitkisinde gelişme ve bazı enzimlerin (süperoksit dismutaz, glutatyon-S-transferaz, glutatyon peroksidaz ve glutatyon redüktaz) aktivitesine etkisini incelemiştir. Araştırmada % 10 arıtma çamurunu sabit oranda tutarak, değişen dozlarda çinko (250-500 ppm) ve kadmiyum (50-100 ppm) uygulamıştır. Araştırma sonuçlarına göre, tek başına Cd uygulamasının bitki gelişimini engellediğini, Zn uygulamasının arttırdığını, ayrıca çinko'nun kadmiyumla birlikte verildiğinde kadmiyum toksitesini kısmen azalttığını ifade etmiştir. Cd'un düşük dozlarında çimlenmede artış görülmesine rağmen, yüksek dozlarında çimlenmenin azaldığını, artan dozlarda Cd uygulaması ile bitkinin gövde Cu içeriğinin azalırken kök Cu içeriğinin arttığını tespit etmiştir.

Hashem ve ark. (2013) Turp, domates ve marul bitkileri ile yaptıkları çalışmada, üç bitkinin de kök ve gövdelerinde yüksek konsantrasyonda ağır metal biriktirdiğini (Cd, Pb, Ni, Co), yaprak alanı, gövde ve kökün yaş ve kuru ağırlıklarının önemli derecede azaldığını, bunun yanında fotosentetik pigment içeriklerinin azaldığını ve hücre

zararlarının zarar gördüğünü tespit etmişlerdir. Bitkilerin gelişimlerinin azalmasının köklerin ağır metallere zarar görmesi üzerine bitki besin maddelerini alamamalarından kaynaklandığını belirterek, ağır metallere göre köklerde daha fazla biriktiğini tespit etmişlerdir. Bu durumun ağır metallere köklerden alındığını, ancak bunun küçük bir kısmının gövdeye taşındığını söyleyerek açıklamaya çalışmışlardır. Marulun gövdesinin diğer bitkilere göre daha fazla ağır metal biriktirdiğini tespit ederek, bunun sadece geniş yaprak alanı ve yüksek terlemeden değil hızlı büyüme oranından kaynaklandığını eklemişlerdir.

Bakhshayesh ve ark. (2014) ağır metallere kirlenmiş atık suların tarımda kullanımında yarattığı sorunlar üzerine laboratuvar koşullarında su kültüründe yürüttükleri çalışmada, yedi farklı sebze (havauç, tarhun, fesleğen, sarımsak, brokoli, ıspanak, dereotu) 0, 30, 60, 120 mg kg<sup>-1</sup> Cd uygulayarak kadmiyumun bitkinin farklı kısımlarına taşınmasını ve birikmesine izlemişlerdir. Çalıştıkları bitkilerin kadmiyumu köke göre gövdelerinde daha fazla biriktirdiklerini tespit etmişlerdir. Bu durumun yaprağı yenen sebzeler için dezavantaj, yumruları yenen sebzeler için ise bir avantaj olduğunu belirtmişlerdir.

Zhang ve ark. (2014b) kadmiyumun bitki gelişimi, fotosentez, besin elementleri ve Cd birikimi üzerine etkilerini araştırmak için yaptıkları çalışmada, kadmiyumun klorofil miktarını azalttığını, buna bağlı olarak fotosentez ve bitki kütlesinin azaldığını, ağır metallere gövde su içeriğini azaltıp arttırabileceğini saptamışlardır. Kadmiyumun bitkiye katyon (Ca, Mg) kanallarından girdiği veya Zn, Cu, Fe gibi divalent katyonlarla taşındığı için bu elementlerle rekabet halinde olduğunu, köklere alınımında Fe ve Mn'in etkili olduğunu ve aralarında antagonistik bir ilişki olduğu için Fe ve Mn konsantrasyonlarının kökte azaldığını, Cd taşınmasında ise Zn ve K elementlerinin etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2014c) kadmiyumun bitki gelişimi, fotosentez, besin elementleri ve Cd birikimi üzerine etkilerini araştırmak için yaptıkları çalışmada, artan Cd konsantrasyonunun kök ve gövde uzunluğunu, yaprak alanını ve uzunluğunu azalttığını, yaprak şeklini değiştirdiğini, yaprak su içeriğini arttırdığını belirlemişlerdir. Kadmiyum konsantrasyonu ile paralel olarak bitkideki Cd miktarının arttığını, Zn, Mg ve Ca

elementlerinin köklerde arttığını, Fe ve K'un sabit kaldığını, ancak Mn'in azaldığını, Ca'un gövde de arttığını, yapraklarda Zn, Cu, Mg'in arttığını, Fe'in sabit kaldığını, Mn ve Ca'un azaldığını saptamışlardır. Bu saptama sonucuna göre Zn, Mg, Ca ile Cd arasında köklerde pozitif, Zn, Cu, Mg, Ca ile Cd arasında gövdede pozitif Mn ile negatif, yapraklarda ise Zn, Mg, K ile pozitif Mn ve Ca ile negatif ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Li ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, ortamda artan Cd konsantrasyonu ile bitki Cd konsantrasyonunun paralel olarak arttığını, yaprak alanının azaldığını, bitkinin su içeriğinin azaldığını, artan Cd ile Fe konsantrasyonunun arttığını, köklerin bitkinin diğer kısımlarına göre daha fazla Cd biriktirdiğini, kontrol bitkisindeki köklerin renginin beyazken uygulama yapılan bitkilerin kök renklerinin kahverengi ve siyah olduğunu, tespit etmişlerdir.

Ergün ve Öncel (2009) buğday bitkisinde Pb, Zn ve Cd ağır metalleri ve bu ağır metallere birlikte uygulanan ABA ve GA3 etkileşimlerinin kök ve sürgün büyümesi üzerine olan etkilerini zamana bağlı olarak (5. ve 10. gün) araştırmışlardır. Her üç ağır metalin yüksek konsantrasyonları ve bu ağır metallere birlikte uygulanan ABA ve GA3 buğday bitkisinin kök ve sürgün büyümesini engellediğini, bunun nedeninin uygulanan hormonların besin elementi alınımını veya hormon dengesini etkilemesinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ağır metallerin konsantrasyon ve uygulama süresinin artışına paralel olarak kök ve sürgün büyümesinin engellenmesi arasında bir paralellik olduğunu, çalışılan parametreler üzerinde genel olarak en toksik etkiyi Cd'un göstermiş olduğunu, bunu Pb ve Zn'nun izlediğini, yüksek ağır metal konsantrasyonlarında bitki büyüme düzenleyicilerinin metallerin zararını hafifletmekte etkili olmadığını tespit etmişlerdir.

Kovacik ve ark. (2009) kadmiyum stresi üzerine salisilik asitin etkisini araştırmışlar ve salisilik asitin (50 µM) bitkideki Cd konsantrasyonunu azalttığını tespit etmişlerdir. Bunun yanında salisilik asidin kökte meydana gelen süperoksit anyonlarını da azalttığını bulmuşlardır. Uygulamalar ile birlikte kökte K içeriğinin azaldığını, salisilik asit uygulaması ile Zn konsantrasyonunun kökte arttığını, Cd uygulaması ile gövdede Na,

yapraklarda ise Cu konsantrasyonunun arttığını, Cd stresi altındaki bitkilere salisilik asit uygulaması ile birlikte bitkideki Cd miktarını azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Belkhadi ve ark. (2010) kadmiyum stresi üzerine salisilik asit etkisini araştırmak için yaptıkları çalışmada, Cd (50, 100  $\mu$ M) uygulaması ile azalan kök ve gövde uzunluğu, kök ve gövde yaş ağırlığının yapılan salisilik asit (250, 1000  $\mu$ M) uygulaması ile arttığını, bitki su içeriğinin değişmediğini vurgulamışlardır. Bitki bünyesinde artan Cd konsantrasyonunun, salisilik asit tarafından taşınmasının engellenmesi sonucu bitki bünyesinde azaldığını, Cd uygulaması ile bitkide azalan K, Ca, Mg, ve Fe konsantrasyonlarının salisilik asit uygulaması ile kökte artış gösterirken yaprakta azaldığını, salisilik asitin Cd stresi altındaki bitkilerin stresini hafifletmek için kullanılabileceğini bulmuşlardır.

## **2.6. Ağır Metallerin Zararlı Etkilerinin Giderilmesine Yönelik Yapılmış Çalışmalar**

Sharma ve Dubey (2005)'e göre, son yıllarda alınan bir takım önlemlere ve düzenli ölçümlere rağmen günümüzde pek çok ülkede kurşunun sebep olduğu kirlilik problemi hala tam olarak çözümlenememiştir.

Humik maddelerin, bitkilerin çimlenmesini ve büyümesini uyarıcı etkiye sahip olduğu, özellikle bitki zararlarının içerisinde geçebildikleri, iz elementlerin bitki kökleri içerisinde taşınmasını kolaylaştırdığı belirtilmiş, bitkilerde büyüme hormonlarına benzer davranışlar sergiledikleri ifade edilmiştir (Aşık ve ark. 2012).

Humik maddelerin bitki gelişimini uyarıcı etkisinin, makro besin maddelerinin alımının arttırılması ile ilişkili olduğu, metal katyonları ile kompleks oluşturarak besin alımını arttırabildikleri ya da tersine köklerle rekabete girerek azaltabildikleri ifade edilmiştir (Yılmaz 2014).

Humik maddelerin düşük molekül ağırlıklı bileşenlerinin bitkiler tarafından alınabildiği, bu bileşenlerin hücre zarı geçirgenliğini arttırdığı ve hormon benzeri aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Çelik ve ark. 2010).

Humik asidin bitki gelişimi üzerine olan etkisi, iyon değişimi yapıp bitkinin kullanımına sunması ile doğrudan olabileceği gibi mikrobiyal aktiviteyi atırarak bunların sonucunda oluşan hormonlarla dolaylı da olabilmektedir. Humik asidin bitki gelişimini doğrudan veya dolaylı olarak etkilediği, doğrudan etkinin bitki bünyesinde besin dağılımını değiştirebilecek olan humik madde bileşenlerinin bitki tarafından alınması şeklinde olabileceği, dolaylı etkinin ise, sentetik iyon değiştiricilerin yaptığı gibi bitki besin maddelerini sağlanması ve düzenlenmesi şeklinde olabileceği ileri sürülmektedir (Çimrin ve ark. 2001).

Özellikle kireç ve kil kapsamı yüksek, çinko, demir gibi kimi bitki besin elementlerinin alınabilirliği yönünden önemli problemler ortaya çıkan ülkemiz topraklarında, besin elementi alınabilirliğinin artırılması ve bazı alanlarda toksisite problemlerinin regüle edilmesi açısından humik bileşiklerin önemli bir alternatif olabileceği çeşitli çalışmalarda ifade edilmektedir (Çelik ve ark. 2010, Karaman ve ark. 2012, Aşık ve ark. 2012).

David ve ark. (1994), domates fidelerinin gelişimi ve bitki besin maddeleri kapsamı üzerine, çözeltili ortamına verilen humik asidin etkisini araştırmışlardır. Besin çözeltilisine humik asit 0, 640, 1280 ve 2560 mg lt<sup>-1</sup> düzeyinde ilave edilmiştir. 1280 mg lt<sup>-1</sup> düzeyindeki humik asit ilavesinde kökte N, Ca, Fe, Zn ve Cu birikiminde artış olurken; sürgünlerde de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn ve Zn kapsamlarının arttığı belirlenmiştir. 2560 mg lt<sup>-1</sup> humik asit uygulamasından elde edilen sonuçlar 1280 mg lt<sup>-1</sup> ile kıyaslandığında; sürgünlerde daha fazla N, P, K, Fe ve Cu birikimi görülmüştür.

Valdrighi ve ark. (1996), humik asidin bitkinin hücre zarının geçirgenliğini artırarak da besin elementlerinin alınımına yardım ettiğini bildirmişlerdir. Birçok araştırmacı humik asitlerin bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde etkili olduğunu, düşük miktarlarda uygulandığında gelişimi olumlu yönde etkilediğini; bununla beraber fazla miktarda

uygulandığında gelişim üzerinde etkisiz veya olumsuz etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir (Padem ve Öcal, 1998, Çelik ve ark. 2010, Karaman ve ark. 2012, Aşık ve ark. 2012).

Humik asidin artan dozlarını topraktan ve yapraktan uygulayan Padem ve Öcal (1998), biber yaprağında en yüksek Ca'u % 2,89; Mg'u % 0,84; Fe'i 952 mg kg<sup>-1</sup>, Mn'ı 225 mg kg<sup>-1</sup> ve Zn'yu ise 346 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir.

Sözüdoğru ve ark., (1996) humik asitin 0, 30, 60, 90 ve 120 mg kg<sup>-1</sup> düzeylerinde ilave edildiği besin çözeltilisinde yetiştirilen fasulye bitkisinin, gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisini araştırmışlardır.

Senesi ve ark., (1990), toprağa veya besin çözeltilisine uygulanan humik asidin bezelyenin kuru ağırlığı, bitki besin elementlerinin alımı ve tohumların çimlenmesi üzerine olumlu etki yaptığını belirtmişlerdir.

Kütük ve ark.(1999), sera koşullarında yapmış oldukları çalışmada, toprağa artan dozlarda uygulanan (100, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 mg kg<sup>-1</sup>) humik asidin toprağın pH değerlerini düşürdüğü ve alınabilir Fe, Mn ve Zn miktarını artırdığı sonucuna varmışlardır.

Lobartini ve ark. (1997), humik asit ve mineral besin maddesi uygulamalarının bitki kuru ağırlığına, besin elementi içerik ve alınımı ile tohumun çimlenmesine olumlu etkide bulunduğunu bildirmişlerdir.

Selçuk ve Tüfenkçi (2009), mısır bitkisine artan humik asit (0, 20, 40 kg ha<sup>-1</sup>) uygulamalarının koçandaki tane sayısı, koçan boyu, bitki boyu, bin dane ağırlığı ve koçan sayısında önemli düzeyde artış sağladığını ve bu artışların 20 kg kg ha<sup>-1</sup> dozunda en yüksek olduğunu belirlemiştir. Araştırmacılar ayrıca, humik asit uygulamalarının danenin azot, demir ve mangan; bitki gövdesinin fosfor, potasyum, magnezyum ve çinko içeriklerini önemli düzeyde etkilediğini belirlemişlerdir.



Sözüdoğru ve ark. (1996) humik asitin 0, 30, 60, 90 ve 120 mg kg<sup>-1</sup> düzeylerinde ilave edildiği besin çözeltilisinde yetiştirilen fasulye bitkisinin, gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisini araştırmışlardır. Humik asitin bitkilerin kuru ağırlıkları üzerine önemli bir etkisi bulunmazken, bazı elementlerin alımını önemli derecede arttırdığı saptanırken, kontrole göre humik asit uygulamalarının yaprakların N, P, Fe, Mn ve Zn kapsamalarını arttırdığı bildirilmiştir.

Kanatlı hayvanların gübrelerinin organik gübre olarak kullanılmasının toprağın üretkenliği ve ürün verimi açısından gerekli olduğu bildirilmiştir (Coopeband ve ark. 2002, Dikinya and Mufwanzala 2010). Doğru uygulanması durumunda tavuk gübresinin iyi bir toprak düzenleyici ve gübre olduğu, bunun yanı sıra toprağın ve bitkinin N, P, K, Ca ve Mg içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Duncan 2005, Agbede ve ark. 2008).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yer alan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Araştırma serasında yürütülmüştür. Denemede kullanılan toprak, uygulama merkezi arazisinden alınmış, toprağın kimi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerekli analizleri yapılmış analizlere ait sonuçlar Çizelge 3.1’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.1.** Deneme toprağının kimi analiz sonuçları

<b>Özellikler</b>	<b>Miktarlar</b>	<b>Özellikler</b>	<b>Miktarlar</b>
Tekstür	Kil	Kireç, CaCO <sub>3</sub> , %	4,68
Kum, %	44,76	Organik madde, %	2,21
Silt, %	14,00	Toplam azot (N), %	0,092
Kil, %	41,24	Alınabilir fosfor (P), mg kg <sup>-1</sup>	14,51
pH (1:2,5 toprak:su)	7,91	EC, µS cm <sup>-1</sup>	530
<b>Ekstrakte Edilebilir Katyonlar</b>		<b>Ekstrakte Edilebilir Mikro Elementler</b>	
Sodyum (Na) ) mg kg <sup>-1</sup>	175,6	Demir (Fe) mg kg <sup>-1</sup>	12,49
Potasyum (K) ) mg kg <sup>-1</sup>	375,5	Bakır (Cu) mg kg <sup>-1</sup>	1,56
Kalsiyum (Ca) ) mg kg <sup>-1</sup>	10048	Çinko (Zn) mg kg <sup>-1</sup>	0,95
Magnezyum (Mg) mg kg <sup>-1</sup>	390,2	Mangan (Mn) mg kg <sup>-1</sup>	31,64
		Bor (B) mg kg <sup>-1</sup>	0,65
		Kadmiyum (Cd) mg kg <sup>-1</sup>	0,02
		Kurşun (Pb) mg kg <sup>-1</sup>	1,82
		Krom (Cr) mg kg <sup>-1</sup>	0,02

#### 3.1. Topraklarda Yapılan Analizler

##### 3.1.1. Toprak tekstürü (Bünye)

Toprak örneklerinin kum, silt ve kil yüzdeleri Bouyoucos (1962) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenerek, tekstür sınıfları Soil Survey Manual (1951)’e göre bünye üçgeninden saptanmıştır.

### **3.1.2. Tarla Kapasitesi**

100 g kuru toprak örneği 100 mL'lik ölçü silindiri içerisine konularak, toprağın kapladığı hacim ölçülmüştür. Toprak üzerine 10 mL saf su ilave edildikten sonra, buharlaşmayı önlemek için ölçü silindirinin ağız kapatılarak 24 saat gölge bir ortamda bekletilmiştir. 24 saat sonra ölçü silindiri içerisinde ıslanan toprağın hacmi hesaplanmış ve toprağın tarla kapasitesinde tuttuğu su miktarı belirlenmiştir (Bouyoucos 1951).

### **3.1.3. Toprak reaksiyonu (pH)**

Toprağın saf su ile 1:2,5 oranında sulandırılmasıyla elde edilen ekstrakta Orion 720A model pH/iyonmetresi ile belirlenmiştir (Grewelling ve Peech 1960)

### **3.1.4. Elektriksel iletkenlik (EC)**

Toprak örneklerinin elektriksel iletkenlik değerleri 1:2,5 toprak-su süspansiyonunda WTW LF 92 model iletkenlik ölçer ile ölçülerek saptanmıştır (Rhoades 1982).

### **3.1.5. Kireç (CaCO<sub>3</sub>)**

Toprak örneğinin kireç miktarı Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Nelson 1982).

### **3.1.6. Organik madde**

Organik madde miktarı ise modifiye Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir (Nelson ve Sommers 1982).

### **3.1.7. Toplam azot**

Toprak örneklerinin toplam azot içerikleri Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir. Buchi K-437 yakma blokunda yakılan örnekler, Buchi K-350 model buharlı damıtma cihazında

damıtılmış, önlük balonu içinde tutulan azot H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile geri titre edilerek hesaplanmıştır (Nelson ve Sommers 1982).

### **3.1.8. Bitkiye yararılışlı fosfor**

Toprakların bitkiye yararılışlı fosfor içerikleri, toprak örneklerinin 1:20 (w/v) oranında 0,5 M sodyum bikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) (pH 8,5) ile ekstrakte edilmesi sonucu elde edilen süzüklerin askorbik asit yöntemine göre spektrofotometrede okunması ile belirlenmiştir (Watanabe ve Olsen 1965).

### **3.1.9. Ekstrakte edilebilir sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum**

Toprak örnekleri 1 N amonyum asetat (CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>) (pH 7,0) çözeltisi ile 1:10 (w/v) oranında ekstrakte edilerek ekstrakttaki alınabilir sodyum, potasyum ve kalsiyum EppendorfElex 6361 flamefotometresi ile (Horneck and Hanson 1998), magnezyum ise Perkin Elmer Optima 2100 model ICP–OES ile belirlenmiştir (Hansen ve ark. 2013).

### **3.1.10. Alnabilir demir, çinko, mangan, bakır, kadmiyum ve kurşun**

Toprak örneklerinin DTPA çözeltisi ile 1:2 (w/v) oranında ekstrakte edilmesi sonucunda elde edilen süzükte alınabilir Fe, Zn, Mn, Cu, Cd, Pb ve Cr Perkin Elmer Optima 2100 model ICP–OES ile belirlenmiştir (Hansen ve ark. 2013).

### **3.1.11. Ekstrakte Edilebilir Bor**

Toprakların sodyum asetat (NaCH<sub>3</sub>COO) (pH:4,8) ile 1:2 (w/v) oranında ekstraksiyonu sonucunda elde edilen bor miktarı, 420 nm dalga boyunda azomethine-H ile renklendirilerek spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir (Wolf 1971).

### 3.2. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi

Toprak örneklerinin analizleri sonucunda deneme için yeterli miktarda 4 mm'lik elekten elenmiş toprak alınarak, içlerine polietilen torba geçirilmiş 4 kg toprak alan saksılara 3,5 kg tartılarak konulmuştur. Temel gübreleme için saksılara 50 mg kg<sup>-1</sup> azot; amonyum nitrat'tan (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>); 40 mg kg<sup>-1</sup> fosfor ve 50 mg kg<sup>-1</sup> potasyum ise potasyum dihidrojen fosfat'tan (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) sağlanmıştır. Deneme konularına göre saksılara 4 doz kompostlanmış tavuk gübresinden 0, 500, 1000 ve 2000 kg da<sup>-1</sup> hesabıyla uygulamalar yapılmıştır. Deneme konularına göre saksılara artan miktarlarda 3 doz kadmiyum (0, 10, 20, mg Cd kg<sup>-1</sup>), kadmiyum sülfattan ve 3 doz kurşun (0, 20, 40 mg Pb kg<sup>-1</sup>), kurşun asetatından uygulanmıştır. Tavuk gübresinin besin elementi içeriği Çizelge 3.2'de, uygulanan tavuk gübresi, kadmiyum ve kurşun dozları Çizelge 3.3'te, toplam 144 saksıdan oluşan deneme konuları ise özet şekilde Çizelge 3.4'te sunulmuştur.

60 günlük inkübasyon döneminden sonra saksılara 5'er adet marul "Lettuce Batavia Maritima" ve ıspanak tohumu "Reis F1" ekilmiş, saksılar tarla kapasitesinin % 70'i oranında saf su ile sulanarak tohumların çimlenmesi gözlenmiştir. Çimlenme sonrası saksılarda 3'er adet bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmış, bitkiler yaklaşık 45 günlük vejetasyon sonrasında toprak yüzeyinden hasat edilerek en kısa zamanda laboratuvara getirilerek analizlere hazırlanmıştır.

### 3.3. Yaprak ve Köklerde Yapılan Analizler

Yaprak örnekleri; bir kez çeşme suyu ve iki kez saf suda yıkandıktan sonra 65-70 °C'lik hava sirkülasyonlu kurutma fırınında (Nuve KD 400, Türkiye) sabit ağırlık elde edilinceye kadar (yaklaşık 72 saat süre) kurumaya bırakılmıştır. Kök örneklerine de yaprak örneklerinde olduğu gibi benzer işlemler yapılmıştır. Kuruyan yaprak ve kök örnekleri öğütme değirmeninde yaklaşık 0,5 mm boyutunda öğütülerek homojen bir karışım elde edilmiştir. Yaprak ve kök örneklerinde yapılan analizler ve analizlerin yapılma yöntemleri alt başlıklarda sunulmuştur.

**Çizelge 3.2.** Uygulanan Tavuk Gübresinin Kimi Özellikleri

Özellikler	Miktarlar	Özellikler	Miktarlar
pH (1:2.5 w/v)	9,82	Demir (Fe) g kg <sup>-1</sup>	8,84
EC, mS cm <sup>-1</sup>	11,72	Bakır (Cu) mg kg <sup>-1</sup>	61,41
Organik madde, %	42,45	Çinko (Zn) mg kg <sup>-1</sup>	376,97
Azot (N), g kg <sup>-1</sup>	17,36	Mangan (Mn) mg kg <sup>-1</sup>	642,75
Fosfor (P) g kg <sup>-1</sup>	16,13	Bor (B) mg kg <sup>-1</sup>	44,48
Sodyum (Na) g kg <sup>-1</sup>	4,55	Kadmiyum (Cd) mg kg <sup>-1</sup>	0,22
Potasyum (K) g kg <sup>-1</sup>	23,35	Kurşun (Pb) mg kg <sup>-1</sup>	0,21
Kalsiyum (Ca) g kg <sup>-1</sup>	60,73	Krom (Cr) mg kg <sup>-1</sup>	54,00
Magnezyum (Mg) g kg <sup>-1</sup>	7,49		

**Çizelge 3.3.** Uygulanan Tavuk Gübresi, Kadmiyum ve Kurşun Dozları

Uygulama Dozları		
Tavuk Gübresi	T0, T1, T2, T3 0, 500, 1000 ve 2000	kg da <sup>-1</sup>
Kadmiyum	Cd0, Cd1, Cd2 0, 10, 20	mg kg <sup>-1</sup>
Kurşun	Pb0, Pb1, Pb2 0, 20, 40	mg kg <sup>-1</sup>

**Çizelge 3.4.** Denemede Belirlenen Saksı Sayıları ve Tekerrürler

Bitki	Tavuk Gübresi	Cd Doz	Pb Doz Sayısı	Tekerrür	Toplam
Ispanak	4	3	-	3	36
Marul	4	3	-	3	36
Ispanak	4	-	3	3	36
Marul	4	-	3	3	36

### 3.3.1. Yaprak ve kök örneklerinin yaş yakılması

Yaprak ve kök analizi aşamasında öğütülmüş yaprak ve kök örneklerinden 200 mg tartılarak özel teflon yakma kaplarına konulmuştur. Yaprak ve kök örnekleri üzerine 3 ml HNO<sub>3</sub> ve 3 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> karışımı ilave edilerek 20-30 dakika boyunca ön yakmaya bırakılmıştır. Daha sonrasında teflon kaplar kapatılarak mikrodalga yaş yakma fırınında

(Berghof MWS 2) üç aşamalı yaş yakma programı uygulanmıştır. Programın birinci aşaması sıcaklığın 0-100 °C'ye çıkartılarak örneklerin 10 dakika boyunca % 75 güç uygulanarak yakılması, ikinci aşaması sıcaklığın 100-180 °C'ye çıkartılarak örneklerin 10 dakika boyunca % 75 güç uygulanarak yakılması ve üçüncü aşaması ise örneklerin 5 dakika boyunca % 0 güçle 180 °C'den oda sıcaklığına doğru soğuma aşaması şeklinde gerçekleştirilmiştir (Çelik ve ark. 2017). Yakma aşaması sonucunda örnekler çeker ocak içerisinde iyice soğumaya bırakılmış ve 50 ml'lik balonjoje'lere % 0,3'lük nitrik asit içeren ultra saf su ile tamamlanmıştır. Daha sonra örnekler mavi bant filtre kağıdı kullanılarak örnek saklama şişelerine süzölmüş, elde edilen süzüklerde sodyum (Na), potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) okumaları alev fotometresinde (Horneck and Hanson 1998), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), bor (B), magnezyum (Mg), cadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve krom (Cr) ise ICP-OES cihazında belirlenmiştir (Hansen ve ark. 2013).

### **3.3.2. Toplam azot içeriği**

Örneklerin toplam azot içeriği modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemine göre Buchi K-437 yakma blokunda yakılan örneklerin Buchi K-350 model buharlı damıtma cihazında damıtılması ve önlüğün 0,1 N sülfürik asit ile geri titrasyonu sonucu elde edilen sarfiyatın formülde hesaplanması ile belirlenmiştir (Bremner 1965).

### **3.3.3. Toplam fosfor içeriği**

Mikro dalgada yaş yakılan örneklerden elde edilen süzüklerde fosfor (P), vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre Shimadzu UV 1208 spektrofotometresinde saptanmıştır (Lott ve ark. 1956).

### **3.3.4. Toplam potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriği**

Yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen çözeltide potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) Ependorf Elex 6361 Flame fotometresinde (Horneck ve Hanson 1998), magnezyum (Mg) ise Perkin Elmer Optima 2100 model ICP-OES ile belirlenmiştir (Hanlon 1998).

### **3.3.5. Toplam demir, bakır, çinko, mangan, kadmiyum, kurşun ve krom içeriği**

Yaş yakılan bitki örneklerinden elde edilen çözeltide toplam demir (Fe), bakır (Cu), inko (Zn), mangan (Mn), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve krom (Cr) içerikleri Perkin Elmer Optima 2100 model ICP–OES ile belirlenmiştir (Hanlon 1998).



## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Ispanak ve marul bitkilerinin gelişimi ve kimi besin elementlerinin alınımı üzerine kadmiyum ve kurşun içeren topraklara artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin etkisinin incelendiği denemede; bitkilerin topraktan kaldırdığı besin elementi miktarları, bitkilerin kuru ağırlık değerleri ve besin elementi içerikleri ele alınarak hesaplanmıştır.

### 4.1. Tavuk Gübresinin Kadmiyum İçeren Toprakta Yetişen Ispanak Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi

#### 4.1.1. Ispanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.1.** Yaprak ve kök kuru madde varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	39,698	13,233	14,167**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	252,351	126,176	135,080**	3,400	5,610
	A*B	6	21,200	3,533	3,783**	2,510	3,670
	Hata	24	22,418	0,934			
	Genel	35	335,667	9,590			
Kök	Faktör-A	3	3,384	1,128	0,971öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	57,269	28,635	24,640**	3,400	5,610
	A*B	6	3,356	0,559	0,481öd	2,510	3,670
	Hata	24	27,891	1,162			
	Genel	35	91,901	2,626			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi olumsuz yönde etkilenmiş, en düşük yaprak (2,77 g saksı<sup>-1</sup>) ve kök (0,52 g saksı<sup>-1</sup>) kuru ağırlık verimi kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Bitiktaş

(2007) yaptığı araştırmada bitkilerin gelişimlerinin azalmasının köklerin ağır metallere zarar görmesi üzerine bitki besin maddelerini yeterince alamamalarından kaynaklandığını belirtmiştir. Stolt ve ark. (2003) ekmeçlik ve makarnalık buğdayda yaptıkları çalışmada, kadmiyumun yüksek konsantrasyonlarının bitki gelişimini önemli bir şekilde engellediğini tespit etmişlerdir. Milone ve ark. (2003) ise buğdayda yapılan Cd uygulaması ile kök gelişiminin engellendiğini, gövde ve kökün yaş ve kuru ağırlıklarının azaldığını bildirmiştir. Vivek ve ark. (2001) tarafından bezelye ile yapılan su kültürü çalışmasında, kadmiyumun bitki biyokütlesini azalttığını saptamıştır. Belkhadi ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, Cd uygulaması ile kök ve gövde uzunluğunun azaldığını bildirmiştir. Denememizden elde edilen bulguların daha önceki yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.2.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
kuru ağırlık verimi (g saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	7,12 a B	7,44 a B	11,38 a A	10,57 a A	9,13 a
		Cd1	4,55 b AB	3,64 b B	4,45 b B	6,68 b A	4,83 b
		Cd2	2,02 c A	2,46 b A	3,33 b A	3,28 c A	2,77 c
		<b>Ort</b>	<b>4,57 B</b>	<b>4,51 B</b>	<b>6,39 A</b>	<b>6,84 A</b>	
	A LSD<0,01	1,274	B LSD<0,01	1,104	AxB LSD<0,01	2,207	
	Ispanak Kök	Cd0	2,46	4,09	2,98	3,79	3,33 a
		Cd1	0,63	0,58	0,63	1,41	0,81 b
		Cd2	0,34	0,40	0,65	0,70	0,52 b
		<b>Ort</b>	<b>1,14</b>	<b>1,69</b>	<b>1,42</b>	<b>1,97</b>	
	A LSD	öd	B LSD<0,01	1,231	AxB LSD	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak kuru ağırlık verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kuru ağırlık verimi artış göstermiştir. En yüksek kuru ağırlık verimi (6,84 g saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir. Tavuk gübresi uygulamalarının ıspanak bitkisinin kök gelişimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. En yüksek kök kuru ağırlık verimi (1,97 g saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulaması ile sağlanmıştır. Besin elementi alınabilirliğinin artırılması ve bazı alanlarda toksisite problemlerinin regüle

edilmesi açısından humik bileşiklerin önemli bir alternatif olabileceği bildirilmiştir (Karaman ve ark. 2012). Tavuk gübresi içerisinde bulunan humik maddelerin bitkilerde büyüme hormonlarına benzer davranışlar sergilediği, bitki besin maddelerinin alımını arttırdığı, bitki gelişimini teşvik edici etkide bulunduğu ve kuru madde miktarının artmasında olumlu yönde etkide bulunduğu bildirilmiştir (Çimrin ve ark. 2001, Aşık ve ark. 2012). Daha önceki yapılan çalışmaların denememizden elde edilen bulguları destekler nitelikte olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak kuru ağırlık verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. En yüksek yaprak kuru ağırlık verimi (11,38 g saksı<sup>-1</sup>) kadmiyum uygulanmayan ve tavuk gübresinin ikinci dozunun uygulandığı saksılardaki (Cd0xT2) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. En düşük yaprak kuru ağırlık verimi ise (2,02 g saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir.

#### **4.1.2. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kadmiyum miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı artış göstermiş, kaldırılan en düşük kadmiyum yaprakta (5,24 µg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (3,62 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek kadmiyum ise yaprakta (314,42 µg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (89,36 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun ilk dozundan (Cd1) elde edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kadmiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	67452,826	22484,275	3,648*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	593632,637	296816,319	48,159**	3,400	5,610
	A*B	6	38256,453	6376,075	1,035öd	2,510	3,670
	Hata	24	147918,156	6163,257			
	Genel	35	847260,072	24207,431			
Kök	Faktör-A	3	17119,801	5706,600	3,929*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	55810,778	27905,389	19,213**	3,400	5,610
	A*B	6	12541,828	2090,305	1,439öd	2,510	3,670
	Hata	24	34857,532	1452,397			
	Genel	35	120329,939	3437,998			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.4.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
			T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Cd (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak	Cd0	3,56	5,58	5,69	6,12	5,24	c
		Cd1	285,95	205,09	355,68	410,96	314,42	a
	Yaprak	Cd2	168,38	146,39	253,30	271,59	209,92	b
		<b>Ort</b>	<b>152,63 BC</b>	<b>119,02 C</b>	<b>204,89 AB</b>	<b>229,55 A</b>		
	A LSD<0,05		76,436	B LSD<0,01		89,649	AxB LSD	ns
	Ispanak	Cd0	3,11	3,09	3,75	4,53	3,62	b
		Cd1	60,90	64,67	76,84	155,02	89,36	a
	Kök	Cd2	50,86	55,50	115,01	117,58	84,74	a
		<b>Ort</b>	<b>38,29 B</b>	<b>41,09 B</b>	<b>65,20 AB</b>	<b>92,38 A</b>		
	A LSD<0,05		37,105	B LSD<0,01		43,519	AxB LSD	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düzey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Denememizden elde edilen bulgulara göre kadmiyumun köklerde biriktiği, kadmiyum konsantrasyonunun yapraklara oranla köklerde daha fazla bulunduğu görülmüştür (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.1.). Kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini olumsuz yönde etkilediği için kaldırılan kadmiyum miktarı köklere oranla yapraklarda daha fazla tespit edilmiştir. Li ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, ortamda artan Cd konsantrasyonu ile bitki Cd konsantrasyonunun aynı paralelde arttığını, yaprak alanının azaldığını, bitkinin su içeriğinin azaldığını tespit etmişlerdir. Salt ve ark. (1995) tarafından yapılan bir çalışmada ise Cd uygulamasına paralel olarak hardal bitkisindeki Cd konsantrasyonunun arttığını ve kadmiyumun ilk önce genç yapraklarda biriktiğini

ortaya koymuşlardır. Bakhshayesh ve ark. (2014) ıspanak bitkisinin kadmiyumu köke göre yapraklarda daha fazla biriktirdiğini tespit etmiş, bu durumun yaprağı yenen sebzeler için bir dezavantaj iken yumruları yenen sebzeler için bir avantaj olduğunu belirtmişlerdir. Kadmiyum birikiminin bitki çeşitlerine göre farklılık gösterdiği, yaprağı yenen bitkilerden marul ve ıspanağın, kadmiyum elementini en fazla biriktiren sebzeler grubunda yer aldığı bildirilmiştir (Lehoczky ve ark. 1998). Yeşil tüketilen sebzelerde yaprakta birikmesine karşılık tahıllarda kök kısımlarında daha fazla kadmiyum bulunduğu ve bitkinin kök bölgesinden tepe kısmına doğru azaldığı belirtilmiştir (Kacar ve İnal 2008). Bir başka çalışmada ise marul bitkisinin yüksek miktarlarda Cd biriktirebilme özelliğinin olduğu ve dokularında  $3 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dan fazla Cd içeren bitkileri düzenli olarak tüketen insanlarda Cd'un toksik etkilerinin görülebildiği bildirilmiştir (Alloway 1995, Pais ve Jones 2000). Çalışmada; kadmiyum uygulanmayan bitkilerin ortalama Cd içeriği yapraklarda  $0,58 \text{ mg kg}^{-1}$ , köklerde ise  $1,23 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenirken, bu değerler kadmiyum uygulamaları ile artarak yapraklarda;  $65,71 \text{ mg kg}^{-1}$  ve  $75,04 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Köklerde ise; değerler yapraklara oranla daha fazla artış göstermiş ve  $108,10 \text{ mg kg}^{-1}$  ve  $162,17 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.1.).

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırılan kadmiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı kadmiyum miktarı artış göstermiştir. Kaldırılan en yüksek kadmiyum yaprakta ( $229,55 \text{ } \mu\text{g saksı}^{-1}$ ), kökte ( $92,38 \text{ } \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin T3 uygulamasından sağlanmıştır. Humik maddelerin bitki gelişimini uyarıcı etkisinin, makro besin maddelerinin alınımını arttırılması ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Humik maddeler metal katyonları ile kompleks oluşturabilir ve bu nedenle besin alınımını arttırabilir ya da tersine köklerle rekabete girerek azaltabilir (Çimrin ve ark. 2001). Valdrighi ve ark. (1996), humik asidin bitkinin hücre zarının geçirgenliğini artırarak da besin elementlerinin alınımına yardım ettiğini bildirmişlerdir. Birçok araştırmacı humik asitlerin bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde etkili olduğunu, düşük miktarlarda uygulandığında gelişimi olumlu yönde etkilediğini; bununla beraber fazla miktarda uygulandığında gelişim üzerinde etkisiz veya olumsuz etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir (Padem ve Öcal 1998).

Kütük ve ark. (1999), sera koşullarında yapmış oldukları çalışmada, toprağa artan dozlarda uygulanan humik asidin toprağın pH değerlerini düşürdüğü ve alınabilir Fe, Mn ve Zn miktarını artırdığı sonucuna varmışlardır. Tavuk gübresi makro ve mikro pek çok bitki besin elementi yanı sıra üretim ve yönetim sürecine bağlı olarak pek çok ağır metali de bünyesinde barındırabilmektedir. Tavuk gübresinin kayda değer oranlarda ve yaklaşık olarak 37 mg kg<sup>-1</sup> As, 20 mg kg<sup>-1</sup> Cd, 390 mg kg<sup>-1</sup> Cu, 655 mg kg<sup>-1</sup> Mn, 35 mg kg<sup>-1</sup> Pb ve 377 mg kg<sup>-1</sup> Zn içerdiği bildirilmiştir (Gupta and Charles 1999). Organik gübre kullanımına bağlı olarak ağır metallerin neden olduğu riskler toprakların bu elementleri absorbe etme yetenekleri ile ilişkilidir. Bu iz elementleri absorbe edebilmeleri organik madde, kil mineralleri ve hidrate metal oksitlerin pH'ya bağlı yüzey yükleri oluşturabilme yeteneklerine bağlı olduğu bildirilmiştir (Pierzynski ve ark. 2005). Yapılan kimi çalışmalarda Cu ve Zn'nun kil içeriği yüksek topraklarda hareketsiz olduğu atık çamur uygulamasıyla yüzey topraklarda Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının artış gösterdiği (Chang ve ark., 1984), tavuk gübresi uygulamaları ile kontrole oranla toprakların As, Cd, Cu ve Mn miktarlarında artış görüldüğü ifade edilmiştir (Gupta ve Charles 1999).

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırılan kadmiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamasına rağmen en yüksek kadmiyum dozunda yaprak ve köklerin kaldırdığı kadmiyum miktarlarında azalma görülmüştür. Yapılan çeşitli araştırmalarda topraklara uygulanan kimi organik materyallerin topraklardaki ağır metallerin hareketliliğini ve bitki bünyesine alımını azalttığı bildirilmiştir (Van. Assche ve Clijsters 1990).

#### **4.1.3. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan azot miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.5.** Yaprak ve kök ile kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	29338,911	9779,637	9,862**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	53755,534	26877,767	27,104**	3,400	5,610
	A*B	6	10500,722	1750,120	1,765öd	2,510	3,670
	Hata	24	23799,928	991,664			
	Genel	35	117395,096	3354,146			
Kök	Faktör-A	3	1402,468	467,489	1,979öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	7345,054	3672,527	15,543**	3,400	5,610
	A*B	6	517,543	86,257	0,365öd	2,510	3,670
	Hata	24	5670,682	236,278			
	Genel	35	14935,747	426,736			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.6.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama			
		T0	T1	T2	T3				
Kaldırılan N (mg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	171,68	173,27	248,61	227,99	205,39	a	
		Cd1	192,62	161,20	188,70	266,17	202,17	a	
	Cd2	87,28	106,38	147,05	146,70	121,86	b		
	<b>Ort</b>	<b>150,53</b>	<b>B</b>	<b>146,95</b>	<b>B</b>	<b>194,79</b>	<b>A</b>	<b>213,62</b>	<b>A</b>
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	41,523	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	35,960	AxB <sub>LSD</sub>	öd			
Ispanak Kök	Cd0	41,12	55,03	44,76	57,36	49,57	a		
	Cd1	17,53	16,81	19,64	37,54	22,88	b		
	Cd2	7,53	13,77	21,76	23,46	16,63	b		
	<b>Ort</b>	<b>22,06</b>	<b>28,54</b>	<b>28,72</b>	<b>39,45</b>				
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	17,553	AxB <sub>LSD</sub>	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük azot yaprakta (121,86 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (16,63 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek azot ise yaprakta (205,39 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (49,57 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Kadmiyumun köklerde birikimi, kök gelişimini olumsuz yönde etkilemiş, bu durum azot miktarlarına da yansımış, köklere oranla yapraklarda azotun daha fazla bulunduğu (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.2.) ve yapraklardan daha fazla azotun kaldırıldığı tespit

edilmiştir. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun bitki için gerekli olmadığını, bitkinin gelişimini olumsuz etkilediğini ve K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu saptamışlardır. Bitiktaş (2007) yaptığı araştırmada bitkilerin köklerinin ağır metallere zarar görmesi üzerine bitki besin maddelerini alamadıklarını belirtmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan azot miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı azot miktarı artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek azot (213,62 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek kadmiyum (39,45 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulaması ile sağlanmasına rağmen etki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Karaman ve ark. (2012), besin elementi alınabilirliğinin artırılması ve bazı alanlarda toksisite problemlerinin regüle edilmesi açısından humik bileşiklerin önemli bir alternatif olabileceğini bildirmiştir. Tavuk gübresinin de içerisinde bulunan humik maddeler sayesinde bitkilerde büyüme hormonlarına benzer davranışlar sergileyerek, bitki besin maddelerinin alımını arttırdığı, bitki gelişimini teşvik edici etkide bulunduğu ve kuru madde miktarının artmasında olumlu yönde etkide bulunduğu bildirilmiştir (Çimrin ve ark. 2001, Aşık ve ark. 2012). Sözüdoğru ve ark. (1996) da kontrole göre humik asit uygulamalarının fasulye bitkisi yapraklarının N, içeriklerini arttırdığını bildirmiştir. Selçuk ve Tüfenkçi (2009), artan humik asit uygulamalarının mısır bitkisinde danenin azot, içeriklerini önemli düzeyde etkilediğini belirlemişlerdir. Denememizden elde edilen bulguların daha önceki yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırılan azot miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.



#### 4.1.4. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan fosfor miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.8’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.7.** Yaprak ve kök ile kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	3049,559	1016,520	16,457**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	23416,766	11708,383	189,552**	3,400	5,610
	A*B	6	1518,659	253,110	4,098**	2,510	3,670
	Hata	24	1482,446	61,769			
	Genel	35	29467,430	841,927			
Kök	Faktör-A	3	89,792	29,931	1,108öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	1670,384	835,192	30,920**	3,400	5,610
	A*B	6	78,773	13,129	0,486öd	2,510	3,670
	Hata	24	648,283	27,012			
	Genel	35	2487,232	71,064			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.8.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Cd0	53,01 a B	61,40 a B	84,41 a A	96,64 a A	73,87 a
	Cd1	23,79 b AB	20,36 b B	24,85 b AB	41,15 b A	27,54 b
	Cd2	10,33 b A	12,05 b A	16,73 b A	18,51 c A	14,41 c
	<b>Ort</b>	<b>29,04 B</b>	<b>31,27 B</b>	<b>42,00 A</b>	<b>52,10 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	10,363	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	8,975	AxB <sub>LSD</sub>	17,949
Ispanak Kök	Cd0	14,14	21,73	17,70	19,75	18,33 a
	Cd1	3,49	3,45	4,15	8,92	5,00 b
	Cd2	1,77	2,25	3,88	3,99	2,97 b
	<b>Ort</b>	<b>6,46</b>	<b>9,14</b>	<b>8,58</b>	<b>10,89</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	5,935	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile

kaldırdığı fosfor miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük fosfor yaprakta (14,41 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (2,97 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek fosfor ise yaprakta (73,87 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (18,33 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Kadmiyumun köklerde birikimi nedeniyle kök gelişiminin olumsuz yönde etkilendiği, bu durumun elementin kaldırılan miktarlarına da yansıdığı ve köklere oranla yapraklardan daha fazla fosforun kaldırıldığı tespit edilmiştir. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş yapmış olduğumuz çalışmada bu sayılan elementlere ilave olarak kadmiyumun fosfor alımını da olumsuz yönde etkilediği saptanmışlardır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan fosfor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı fosfor miktarı artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek fosfor (52,10 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek fosfor (10,89 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulaması ile sağlanmasına rağmen etki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Sözüdoğru ve ark. (1996) kontrole göre humik asit uygulamalarının fasulye bitkisi yapraklarının P içeriklerini arttırdığını bildirmiştir. Selçuk ve Tüfenkçi (2009), artan humik asit uygulamalarının mısır gövdesinin fosfor içeriğini önemli düzeyde etkilediğini belirlemişlerdir. Denememizden elde edilen bulguların daha önceki yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan fosfor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek fosfor miktarı (96,64 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyum uygulanmayan ve tavuk gübresinin üçüncü dozunun uygulandığı saksılardaki (Cd0xT3) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Yapraklardan kaldırılan en düşük fosfor ise (10,33 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Kadmiyumun fosfor alımını üzerine olumsuz etkisinin

tavuk gübresi uygulamasına bağlı olarak azalma gösterdiği elde edilen sonuçlardan da görülmüştür.

#### 4.1.5. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan potasyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9’da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırılmaları ise Çizelge 4.10’da sunulmuştur.

**Çizelge 4.9.** Yaprak ve kök ile kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	379690,653	126563,551	33,641**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	969270,576	484635,288	128,816**	3,400	5,610
	A*B	6	105185,885	17530,981	4,660**	2,510	3,670
	Hata	24	90293,182	3762,216			
	Genel	35	1544440,296	44126,866			
Kök	Faktör-A	3	2033,651	677,884	0,997öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	50305,979	25152,989	36,990**	3,400	5,610
	A*B	6	3864,432	644,072	0,947öd	2,510	3,670
	Hata	24	16319,965	679,999			
	Genel	35	72524,027	2072,115			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.10.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Cd0	448,49 a B	477,41 a B	766,07 a A	768,43 a A	615,10 a
	Cd1	320,61 a B	275,80 b B	366,37 b B	582,88 b A	386,42 b
	Cd2	142,44 b B	177,73 b AB	252,09 b AB	285,79 c A	214,51 c
	<b>Ort</b>	<b>303,84 C</b>	<b>310,31 C</b>	<b>461,51 B</b>	<b>545,70 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	80,878	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	70,042	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	140,084
Ispanak Kök	Cd0	98,17	124,64	84,73	101,51	102,26 a
	Cd1	22,31	19,24	19,10	55,80	29,12 b
	Cd2	9,61	13,07	23,66	25,62	17,99 b
	<b>Ort</b>	<b>43,37</b>	<b>52,32</b>	<b>42,50</b>	<b>60,98</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	29,778	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük potasyum yaprakta (214,51 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (17,99 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek potasyum ise yaprakta (615,10 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (102,26 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir.

Kadmiyumun köklerde birikimi, kök gelişimini olumsuz yönde etkilemiş bu durum potasyum miktarlarına da yansımış, köklere oranla yapraklarda potasyumun daha fazla bulunduğu (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.4.) ve yapraklardan daha fazla potasyumun kaldırıldığı tespit edilmiştir. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu, Belkhadi ve ark. (2010) da Cd uygulaması ile bitkide K konsantrasyonlarının azaldığını bildirmiş, yapmış olduğumuz çalışmada da benzer olarak kadmiyumun potasyum alımını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan potasyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı potasyum miktarı artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek potasyum (545,70 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek potasyum (60,98 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulaması ile bulunmasına rağmen etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Artan humik asit uygulamalarının mısır gövdesinin potasyum içeriğini önemli düzeyde etkilediği Selçuk ve Tüfenkçi (2009) tarafından da belirlenmiş, denememizden elde edilen bulguların yapılan çalışmayla uyumlu olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan potasyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. Yapraktan

kaldırılan en yüksek potasyum miktarı (768,43 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyum uygulanmayan ve tavuk gübresinin üçüncü dozunun uygulandığı saksılardaki (Cd0xT3) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Yapraklardan kaldırılan en düşük potasyum ise (142,44 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Kadmiyumun potasyum alınımı üzerine olumsuz etkisinin tavuk gübresi uygulamasına bağlı olarak azalma eğiliminde olduğu, elde edilen sonuçlardan da anlaşılmıştır.

#### 4.1.6. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kalsiyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.12’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.11.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	5076,463	1692,154	6,157**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	19782,727	9891,364	35,989**	3,400	5,610
	A*B	6	6329,784	1054,964	3,838**	2,510	3,670
	Hata	24	6596,247	274,844			
	Genel	35	37785,221	1079,578			
Kök	Faktör-A	3	975,641	325,214	0,699öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	10750,399	5375,199	11,558**	3,400	5,610
	A*B	6	1959,597	326,599	0,702öd	2,510	3,670
	Hata	24	11161,134	465,047			
	Genel	35	24846,770	709,908			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük kalsiyum yaprakta (60,13 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (3,97 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek

dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek kalsiyum ise yaprakta (117,45 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (41,69 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Kadmiyumun köklerde birikimi, kök gelişimini olumsuz yönde etkilemiş bu durum kalsiyum miktarlarına da yansımış, köklere oranla yapraklarda kalsiyumun daha fazla bulunduğu (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.5.) ve yapraklardan daha fazla kalsiyumun kaldırıldığı tespit edilmiştir. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun Ca elementi ile de rekabet halinde olduğunu, Belkhadi ve ark. (2010) ise kadmiyum stresi üzerine yaptıkları çalışmada, Cd uygulaması ile bitkide Ca konsantrasyonlarının azaldığını bildirmiş, denememizden elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.12.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Ca (mg saksı <sup>-1</sup> ) Ispanak Yaprak	Cd0	101,32 a B	93,92 a B	149,07 a A	125,48 a AB	117,45 a
	Cd1	106,25 a AB	65,92 a C	77,79 b BC	116,90 a A	91,72 b
	Cd2	49,80 b A	56,76 a A	68,82 b A	65,13 b A	60,13 c
	<b>Ort</b>	<b>85,89 AB</b>	<b>72,20 B</b>	<b>98,56 A</b>	<b>102,51 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	21,860	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	18,931	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	37,863
Ispanak Kök	Cd0	17,86	60,67	46,40	41,83	41,69 a
	Cd1	5,85	4,30	4,25	10,39	6,20 b
	Cd2	2,62	3,77	4,67	4,82	3,97 b
	<b>Ort</b>	<b>8,78</b>	<b>22,92</b>	<b>18,44</b>	<b>19,01</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	24,626	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuş, kökte etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı kalsiyum miktarı yaprakta artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek kalsiyum (102,51 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir. Yapılan çeşitli araştırmalarda topraklara uygulanan kimi organik materyallerin topraklardaki ağır metallerin hareketliliğini ve bitki bünyesine alımını azalttığı bildirilmiştir (Van. Assche ve Clijsters 1990).

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek kalsiyum miktarı (149,07 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyum uygulanmayan ve tavuk gübresinin ikinci dozunun uygulandığı saksılardaki (Cd0xT2) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Yapraklardan kaldırılan en düşük kalsiyum ise (49,80 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.1.7. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan magnezyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.14'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.13.** Yaprak ve kök ile kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	3138,425	1046,142	15,765**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	5493,616	2746,808	41,394**	3,400	5,610
	A*B	6	1221,142	203,524	3,067*	2,510	3,670
	Hata	24	1592,564	66,357			
	Genel	35	11445,748	327,021			
Kök	Faktör-A	3	334,154	111,385	0,585öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	7036,68	3518,339	18,476**	3,400	5,610
	A*B	6	761,929	126,988	0,667öd	2,510	3,670
	Hata	24	4570,323	190,430			
	Genel	35	12703,085	362,945			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük magnezyum

yaprakta (28,22 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (6,31 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek magnezyum ise yaprakta (56,60 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (37,51 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Diğer makro elementlerden farklı olarak magnezyumun köklerde birikim yaptığı görülmüştür (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.6.). Yaprakların daha fazla kuru maddeye sahip olması sebebiyle, köklere oranla yapraklardan daha fazla magnezyumun kaldırıldığı tespit edilmiştir. Belkhadi ve ark. (2010) kadmiyum stresi üzerine yaptıkları çalışmada, Cd uygulaması ile bitkide Mg konsantrasyonunun azaldığını bildirmiştir.

**Çizelge 4.14.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Mg (mg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	46,32 a B	45,70 a B	71,41 a A	62,97 a A	56,60 a
		Cd1	47,24 a BC	34,72 ab C	49,88 b B	74,12 a A	51,49 a
	Cd2	20,69 b B	23,46 b AB	34,61 c A	34,10 b AB	28,22 b	
	<b>Ort</b>	<b>38,08 B</b>	<b>34,63 B</b>	<b>51,97 A</b>	<b>57,06 A</b>		
	A LSD<0,01	10,741	B LSD<0,01	9,302	AxB LSD<0,05	13,737	
Ispanak Kök	Cd0	29,51	51,05	33,42	36,06	37,51 a	
	Cd1	7,35	6,65	7,27	17,48	9,69 b	
	Cd2	3,77	4,65	8,42	8,38	6,31 b	
	<b>Ort</b>	<b>13,54</b>	<b>20,78</b>	<b>16,37</b>	<b>20,64</b>		
A LSD	öd	B LSD<0,01	15,758	AxB LSD	öd		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuş, kökte etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Artan tavuk gübresi dozları ile birlikte bitkinin yaprak ile kaldırdığı magnezyum miktarında artış gözlenmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek magnezyum (57.06 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan magnezyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek magnezyum miktarı (74,12 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun birinci, tavuk



gübresinin üçüncü dozunun uygulandığı saksılardaki (Cd1xT3) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Yapraklardan kaldırılan en düşük magnezyum ise (20,69 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Karaman ve ark. (2012), besin elementi alınabilirliğinin artırılması ve bazı alanlarda toksisite problemlerinin regüle edilmesi açısından humik bileşiklerin önemli bir alternatif olabileceğini bildirmiştir. Yapılan çeşitli araştırmalarda topraklara uygulanan kimi organik materyallerin topraklardaki ağır metallerin hareketliliğini ve bitki bünyesine alımını azalttığı bildirilmiştir (Van. Assche ve Clijsters 1990). Tavuk gübresinin de içerisinde bulunan humik maddeler sayesinde bitkilerde büyüme hormonlarına benzer davranışlar sergileyerek, bitki besin maddelerinin alımını arttırdığı bildirilmiştir (Çimrin ve ark. 2001, Aşık ve ark. 2012).

#### 4.1.8. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan sodyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.16'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.15.** Yaprak ve kök ile kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	780,081	260,027	37,422**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2008,023	1004,012	144,495**	3,400	5,610
	A*B	6	211,266	35,211	5,067**	2,510	3,670
	Hata	24	166,762	6,948			
	Genel	35	3166,132	90,461			
Kök	Faktör-A	3	20,220	6,74	0,458öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	383,693	191,847	13,049**	3,400	5,610
	A*B	6	70,128	11,688	0,795öd	2,510	3,670
	Hata	24	352,859	14,702			
	Genel	35	826,901	23,626			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05    **: önemli p<0,01					

**Çizelge 4.16.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Na (mg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	21,46 a B	22,36 a B	36,37 a A	36,42 a A	29,15 a
		Cd1	16,53 a AB	13,16 b B	19,82 b B	26,36 b A	18,97 b
		Cd2	7,41 b B	9,76 b AB	12,55 c AB	13,87 c A	10,90 c
	<b>Ort</b>	<b>15,13 B</b>	<b>15,09 B</b>	<b>22,92 A</b>	<b>25,55 A</b>		
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	3,476	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	3,010	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	6,020	
Ispanak Kök	Cd0	13,10	11,23	7,87	9,76	10,49 a	
	Cd1	3,77	2,94	3,73	7,52	4,49 b	
	Cd2	1,71	2,62	3,45	3,85	2,91 b	
	<b>Ort</b>	<b>6,19</b>	<b>5,60</b>	<b>5,02</b>	<b>7,04</b>		
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	4,379	AxB <sub>LSD</sub>	öd		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük sodyum yaprakta (10,90 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (2,91 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek sodyum ise yaprakta (29,15 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (10,49 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Magnezyumda olduğu gibi sodyumun köklerde birikim yaptığı görülmüş (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.7.), ancak yaprakların daha fazla kuru maddeye sahip olması sebebiyle, köklere oranla yapraklardan daha fazla sodyumun kaldırıldığı tespit edilmiştir. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş, yapmış olduğumuz çalışmada bu sayılan elementlere ilave olarak kadmiyumun sodyum alımını da olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuş, kökte etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Artan tavuk gübresi dozları ile birlikte bitkinin yaprak ile kaldırdığı sodyum miktarında artış gözlenmiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek sodyum (25,55 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan sodyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek sodyum miktarı (36,42 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı, tavuk gübresinin üçüncü dozunun uygulandığı saksılardaki (Cd0xT3) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Yapraklardan kaldırılan en düşük sodyum ise (7,41 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.1.9. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan demir miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.18’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.17.** Yaprak ve kök ile kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	392253,390	130751,130	2,994öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	743501,693	371750,846	8,512**	3,400	5,610
	A*B	6	98184,633	16364,106	0,375öd	2,510	3,670
	Hata	24	1048179,254	43674,136			
	Genel	35	2282118,970	65203,399			
Kök	Faktör-A	3	144630812,848	48210270,949	1,768öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	622734842,423	311367421,211	11,419**	3,400	5,610
	A*B	6	354994130,070	59165688,345	2,170öd	2,510	3,670
	Hata	24	654421895,735	27267578,989			
	Genel	35	1776781681,076	50765190,888			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük demir yaprakta (424,53 µg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (1288,7 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan

(Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek demir ise yaprakta ( $770,90 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) ve kökte ( $10323,0 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Artan kadmiyum dozları ile bitkinin kök ve yaprak gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Ancak demirin köklerde diğer elementlere oranla çok fazla birikim yaptığı görülmüş (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.8.), bu durum kaldırılan demir miktarının yapraklara oranla köklerde daha fazla çıkmasına neden olmuştur. Belkhadi ve ark. (2010) kadmiyum stresi üzerine yaptıkları çalışmada, Cd uygulaması ile bitkide Fe konsantrasyonlarının azaldığını bildirmiştir.

**Çizelge 4.18.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Tavuk Gübresi ( $\text{kg da}^{-1}$ )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Fe ( $\mu\text{g saksı}^{-1}$ )	Ispanak Yaprak	Cd0	945,28	622,07	809,56	706,70	770,90 a
		Cd1	712,01	402,80	748,16	745,38	652,09 ab
		Cd2	513,01	314,71	462,75	407,65	424,53 b
		<b>Ort</b>	<b>723,43</b>	<b>446,53</b>	<b>673,49</b>	<b>619,91</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	238,644	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	5845,8	21363,4	6818,8	7264,1	10323,0 a
		Cd1	1120,5	1158,7	1651,2	2982,1	1728,1 b
		Cd2	827,56	924,74	1776,8	1625,8	1288,7 b
		<b>Ort</b>	<b>2598,0</b>	<b>7815,6</b>	<b>3415,6</b>	<b>3957,3</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	5962,952	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan demir miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.1.10. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bakır miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19’da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.20’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.19.** Yaprak ve kök ile kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	3240,114	1080,038	4,979**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	7630,363	3815,182	17,590**	3,400	5,610
	A*B	6	611,809	101,968	0,470öd	2,510	3,670
	Hata	24	5205,588	216,900			
	Genel	35	16687,874	476,796			
Kök	Faktör-A	3	1898,004	632,668	1,616öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	13098,568	6549,284	16,726**	3,400	5,610
	A*B	6	786,848	131,141	0,335öd	2,510	3,670
	Hata	24	9398,931	391,622			
	Genel	35	25182,351	719,496			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük bakır yaprakta ( $19,27 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) ve kökte ( $15,13 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek bakır ise yaprakta ( $54,79 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) ve kökte ( $58,70 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Artan kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Bakır konsantrasyonunun demir’e benzer şekilde köklerde fazla olduğu görülmüş (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.9.), ancak bakır içeriklerinin demirde olduğu kadar aşırı yüksek olmaması nedeniyle kaldırılan bakır miktarı yapraklarla köklerde birbirine yakın bulunmuştur. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş yapmış olduğumuz çalışmada da kadmiyumun bakır taşınımını olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

**Çizelge 4.20.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi

Kaldırılan Cu ( $\mu\text{g saksı}^{-1}$ )	Bitki	Kadmiyum Dozları ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Tavuk Gübresi ( $\text{kg da}^{-1}$ )				Ortalama		
			T0	T1	T2	T3			
Ispanak Yaprak	Cd0	42,62	49,41	51,96	75,18	54,79	a		
	Cd1	25,83	28,60	29,44	53,22	34,27	b		
	Cd2	10,14	14,74	26,32	25,90	19,27	b		
	<b>Ort</b>	<b>26,20</b>	<b>B</b>	<b>30,92</b>	<b>B</b>	<b>35,91</b>	<b>AB</b>	<b>51,43</b>	<b>A</b>
	A $\text{LSD}<0,01$	19,419	B $\text{LSD}<0,01$	16,818	AxB $\text{LSD}$	öd			
	Cd0	49,60	64,37	52,33	68,48	58,70	a		
Ispanak Kök	Cd1	14,60	12,61	20,93	41,05	22,29	b		
	Cd2	7,94	10,89	19,81	21,88	15,13	b		
	<b>Ort</b>	<b>24,04</b>	<b>29,29</b>	<b>31,02</b>	<b>43,80</b>				
A $\text{LSD}$	öd	B $\text{LSD}<0,01$	22,598	AxB $\text{LSD}$	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan bakır miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuş, kökte etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı bakır miktarı artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek bakır ( $51,43 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.1.11. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan çinko miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.22’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.21.** Yaprak ve kök ile kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	82792,211	27597,404	5,141**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	539936,662	269968,331	50,296**	3,400	5,610
	A*B	6	37074,770	6179,128	1,151öd	2,510	3,670
	Hata	24	128821,958	5367,582			
	Genel	35	788625,601	22532,160			
Kök	Faktör-A	3	3444,694	1148,231	0,828öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	60,877,018	30438,509	21,951**	3,400	5,610
	A*B	6	2763,440	460,573	0,332öd	2,510	3,670
	Hata	24	33280,415	1386,684			
	Genel	35	100365,568	2867,588			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.22.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
			T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Zn (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	236,72	296,06	300,86	475,75	327,35	a
		Cd1	59,36	72,11	87,74	165,06	96,07	b
		Cd2	24,53	32,55	63,47	64,47	46,26	b
		<b>Ort</b>	<b>106,87 B</b>	<b>133,57 B</b>	<b>150,69 AB</b>	<b>235,09 A</b>		
		A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	96,604	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	83,662	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	97,24	131,96	96,67	122,59	112,12	a
		Cd1	21,74	21,91	26,79	57,72	32,04	b
		Cd2	10,26	14,03	24,36	27,97	19,16	b
		<b>Ort</b>	<b>43,08</b>	<b>55,97</b>	<b>49,28</b>	<b>69,43</b>		
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	42,523	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük çinko yaprakta (46,26 µg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (19,16 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek çinko ise yaprakta (327.35 µg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (112.12 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Artan kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Çinko konsantrasyonunun demir ve bakır'a benzer şekilde köklerde fazla olduğu görülmüş (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.10.), ancak çinko içeriklerinin demirde

olduğu kadar aşırı yüksek olmaması nedeniyle köklere oranla yapraklardan daha fazla çinkonun kaldırıldığı tespit edilmiştir. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş yapmış olduğumuz çalışmada da kadmiyumun Zn taşınımını olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin, ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan çinko miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuş, kökte etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı çinko miktarı artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek çinko ( $51,43 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### **4.1.12. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan mangan miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.24'te sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük mangan yaprakta ( $159,09 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) ve kökte ( $39,03 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek mangan ise yaprakta ( $851,27 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) ve kökte ( $432,07 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir.



**Çizelge 4.23.** Yaprak ve kök ile kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	576726,337	192242,112	4,205*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	3191658,259	1595829,129	34,906**	3,400	5,610
	A*B	6	178611,276	29768,546	0,651öd	2,510	3,670
	Hata	24	1097245,046	45718,544			
	Genel	35	5044240,918	144121,169			
Kök	Faktör-A	3	227322,739	75774,246	2,082öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	1166486,274	583243,137	16,025**	3,400	5,610
	A*B	6	531705,970	88617,662	2,435öd	2,510	3,670
	Hata	24	873504,098	36396,004			
	Genel	35	2799019,080	79971,974			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.24.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama		
			T0	T1	T2	T3			
Kaldırılan Mn (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	668,30	725,13	837,98	1173,67	851,27	a	
		Cd1	208,61	228,12	225,02	562,73	306,12	b	
	Yaprak	Cd2	107,95	109,05	206,86	212,52	159,09	b	
		<b>Ort</b>	<b>328,29</b>	<b>B</b>	<b>354,10</b>	<b>B</b>	<b>423,29</b>	<b>B</b>	<b>649,64</b>
	A LSD<0,05		208,180	B LSD<0,01		244,165	AxB LSD		öd
	Ispanak Kök	Cd0	241,14	859,92	302,37	324,84	432,07	a	
		Cd1	41,01	41,82	48,16	118,94	62,48	b	
	Kök	Cd2	21,17	27,18	53,68	54,09	39,03	b	
		<b>Ort</b>	<b>101,11</b>	<b>309,64</b>	<b>134,74</b>	<b>165,96</b>			
	A LSD		öd	B LSD<0,01		217,854	AxB LSD		öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Artan kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Mangan konsantrasyonunun demir'e benzer şekilde köklerde fazla olduğu görülmüş (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.11.), ancak mangan içeriklerinin demirde olduğu kadar aşırı yüksek olmaması nedeniyle köklere oranla yapraklardan daha fazla manganın kaldırıldığı tespit edilmiştir. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş yapmış olduğumuz çalışmada da kadmiyumun Mn taşınımını olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin, ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan mangan miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuş, kökte etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı mangan miktarı artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek mangan (649,64 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.1.13. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bor miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.26'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.25.** Yaprak ve kök ile kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	19747,646	39915,882	5,728**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	313771,146	156885,573	22,513**	3,400	5,610
	A*B	6	18782,413	3130,402	0,449öd	2,510	3,670
	Hata	24	167245,225	6968,551			
	Genel	35	619546,430	17701,327			
Kök	Faktör-A	3	1074,878	358,293	1,243öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	9325,518	4662,759	16,173**	3,400	5,610
	A*B	6	942,154	157,026	0,545öd	2,510	3,670
	Hata	24	6919,179	288,299			
	Genel	35	18261,729	521,764			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük bor yaprakta (84,02 µg

saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (8,89 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun ilk dozundan (Cd1) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek bor ise yaprakta (302,86 µg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (43,08 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Kadmiyumun köklerde birikimi nedeniyle kök gelişiminin olumsuz yönde etkilendiği, makro elementlerde olduğu gibi yapraklarda bor içeriğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiş (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.12.), bu durum elementin kaldırılan miktarlarına da yansiyarak köklere oranla yapraklardan daha fazla bor kaldırıldığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.26.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama		
			T0	T1	T2	T3			
Kaldırılan B (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	247,75	249,81	294,91	418,98	302,86	a	
		Cd1	84,71	104,96	91,68	262,54	135,97	b	
		Cd2	40,29	59,66	104,24	131,91	84,02	b	
		<b>Ort</b>	<b>124,25</b>	<b>B</b>	<b>138,14</b>	<b>B</b>	<b>163,61</b>	<b>AB</b>	<b>271,14</b>
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	110,072	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	95,326	AxB <sub>LSD</sub>	öd			
	Ispanak Kök	Cd0	32,04	62,26	38,48	39,54	43,08	a	
		Cd1	1,80	13,12	5,28	15,34	8,89	b	
		Cd2	5,17	8,31	10,64	11,83	8,99	b	
		<b>Ort</b>	<b>13,00</b>	<b>27,90</b>	<b>18,13</b>	<b>22,24</b>			
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	19,389	AxB <sub>LSD</sub>	öd			

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin, ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan bor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuş, kökte etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı bor miktarı artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek bor (271.14 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.1.14. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kurşun miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.28’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.27.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kurşun miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	9,079	3,026	0,875öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	94,346	47,173	13,636**	3,400	5,610
	A*B	6	28,631	4,772	1,379öd	2,510	3,670
	Hata	24	83,027	3,459			
	Genel	35	215,083	6,145			
Kök	Faktör-A	3	25,010	8,337	0,935öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	461,295	230,647	25,878**	3,400	5,610
	A*B	6	82,534	13,756	1,543öd	2,510	3,670
	Hata	24	213,908	8,913			
	Genel	35	782,747	22,364			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.28.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (µg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
			T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Pb (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	3,79	6,67	6,57	4,45	5,37	a
		Cd1	2,28	2,36	2,51	5,18	3,08	b
		Cd2	1,28	1,64	1,11	1,64	1,42	b
		<b>Ort</b>	<b>2,45</b>	<b>3,56</b>	<b>3,40</b>	<b>3,76</b>		
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,003	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	7,79	14,02	6,76	8,53	9,28	a
		Cd1	1,63	1,21	1,94	3,75	2,13	b
		Cd2	0,85	1,07	1,76	1,52	1,30	b
		<b>Ort</b>	<b>3,43</b>	<b>5,43</b>	<b>3,49</b>	<b>4,60</b>		
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	3,409	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düzey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli

bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük kurşun yaprakta (1,42 µg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (1,30 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek kurşun ise yaprakta (5,37 µg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (9,28 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Artan kadmiyum dozları ile bitkinin kök ve yaprak gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Kurşun konsantrasyonunun demir ve bakır'a benzer şekilde köklerde fazla olduğu görülmüş (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.13.), bu duruma bağlı olarak kaldırılan kurşun miktarı yapraklara oranla köklerde daha fazla bulunmuştur. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş yapmış olduğumuz çalışmada da kadmiyumun kurşun taşınımını olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan kurşun miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### **4.1.15. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan krom miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29'da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.30'da sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük krom yaprakta (4,67

$\mu\text{g}$  saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (9,52  $\mu\text{g}$  saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek krom ise yaprakta (10,23  $\mu\text{g}$  saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (106,43  $\mu\text{g}$  saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Artan kadmiyum dozları ile bitkinin kök ve yaprak gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir.

**Çizelge 4.29.** Yaprak ve kök ile kaldırılan krom miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	20,337	6,779	1,685öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	190,014	95,007	2,610**	3,400	5,610
	A*B	6	27,272	4,545	1,130öd	2,510	3,670
	Hata	24	96,578	4,024			
	Genel	35	334,201	9,549			
Kök	Faktör-A	3	6365,713	2121,904	0,916öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	71858,914	35929,457	15,513**	3,400	5,610
	A*B	6	12673,831	2112,305	0,912öd	2,510	3,670
	Hata	24	55587,332	2316,139			
	Genel	35	146485,791	4185,308			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.30.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
			T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Cr (μg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	8,78	9,32	12,24	10,57	10,23	a
		Cd1	7,99	4,65	6,38	7,67	6,67	b
		Cd2	5,37	3,89	5,33	4,10	4,67	b
		<b>Ort</b>	<b>7,38</b>	<b>5,95</b>	<b>7,98</b>	<b>7,45</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	2,291	AxB <sub>LSD</sub>	öd		
	Ispanak Kök	Cd0	54,39	164,73	98,98	107,61	106,43	a
		Cd1	8,56	9,39	13,71	24,10	13,94	b
		Cd2	7,09	6,55	12,66	11,77	9,52	b
		<b>Ort</b>	<b>23,35</b>	<b>60,22</b>	<b>41,78</b>	<b>47,83</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	54,957	AxB <sub>LSD</sub>	öd		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Krom konsantrasyonunun demir, bakır ve kurşun'a benzer şekilde köklerde fazla olduğu görülmüş (Bkz. Ek 1, Çizelge Ek 1.14.), kaldırılan kurşun miktarı yapraklara oranla köklerde daha fazla bulunmuştur. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg,

Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş yapmış olduğumuz çalışmada da kadmiyumun kurşun taşınımını olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan krom miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

## 4.2. Tavuk Gübresinin Kurşun İçeren Toprakta Yetişen Ispanak Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi

### 4.2.1. Ispanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.32’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.31.** Yaprak ve kök kuru madde varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	9,891	3,297	2,237öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	0,422	0,211	0,143öd	3,400	5,610
	A*B	6	9,123	1,521	1,032öd	2,510	3,670
	Hata	24	35,374	1,474			
	Genel	35	54,811	1,566			
Kök	Faktör-A	3	1,996	0,665	0,753öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	0,214	0,107	0,121öd	3,400	5,610
	A*B	6	5,970	0,995	1,126öd	2,510	3,670
	Hata	24	21,211	0,884			
	Genel	35	29,391	0,840			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Sebze yetiştiriciliğinde kurşun kirliliği üzerine araştırmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Kurşuna maruz kalmış bitkilerde kök uzamasının ve biyokütlesinin azaldığı (Fargasova A. 1994), klorofil biosentezinin engellendiği (Miranda ve Ilangovan 1996), bazı enzim aktivitelerinin tetiklenirken kimilerinde engellenmeler olduğu bildirilmiştir (Van Assche ve Clijsters 1990). Kurşun elementinin hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesini olumsuz etkilediği, stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltması nedeniyle bitki su rejiminin etkilendiği bildirilmiştir. Aynı zamanda kökler tarafından tutulması ve kök gelişimini azaltması nedeniyle bitkilerin katyon ve anyon alımını azalttığı, dolayısıyla besin alımını etkilediği de bildirilmiştir (Sharma ve Dubey 2005).

**Çizelge 4.32.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Kuru ağırlık verimi (g saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	8,28	9,54	10,71	9,40	9,48
		Pb1	8,92	8,90	9,19	10,95	9,49
		Pb2	9,35	9,45	9,83	10,23	9,72
		<b>Ort</b>	<b>8,85</b>	<b>9,29</b>	<b>9,91</b>	<b>10,19</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
	Ispanak Kök	Pb0	2,52	2,94	3,82	2,74	3,01
		Pb1	2,79	2,59	2,66	4,11	3,04
		Pb2	3,32	2,90	3,32	3,19	3,18
		<b>Ort</b>	<b>2,88</b>	<b>2,81</b>	<b>3,27</b>	<b>3,35</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

Ispanak bitkisinde yapmış olduğumuz çalışmada kadmiyum uygulamaları ile bitkinin kuru madde veriminde belirgin değişimler gözlenmesine rağmen kurşun uygulamalarında belirgin bir değişim görülmemiştir. Bu durumun kadmiyuma oranla bitkinin kurşunu tolere edebilme sınırının daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kurşunun bitkiler için gerekli bir element olmamasına rağmen, bütün bitkilerde doğal olarak bulunduğu rapor edilmiştir (Kabata-pendias ve Pendias 1984). Toprakta ağır metallerin oluşturdukları kirliliğin bitkilerdeki belirtilerinin metalden



metale değişebildiği gibi bitki türleri arasında da farklılık gösterebildiği bildirilmiştir (Tok 1997, Kacar ve İnal 2010, Karaman 2012). Düşük kurşun konsantrasyonları ile muamele edilen *Lupinus luteus*, *Sesamum indicum*, *Sinapis alba*, *Raphanus sativus* ve *Lactuca sativa* tohumlarının çimlenmesinde, fidelerin kök ve gövde uzunluklarında, kontrole göre, belirgin bir farkın olmadığı, ancak yüksek kurşun konsantrasyonlarında tohumların çimlenmelerinde, kök ve gövdenin uzamasında konsantrasyon artışıyla azalma olduğu bildirilmiştir ( Miranda ve Ilangovan 1996).

Tavuk gübresi uygulamaları ile en yüksek yaprak kuru ağırlık verimi (10,19 g saksı<sup>-1</sup>) ve kök kuru ağırlık verimi (3,35 g saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulaması ile sağlanmasına rağmen etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.2.2. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kurşun miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.34'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.33.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kurşun miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	298,425	99,475	3,975*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	554,089	277,045	11,072**	3,400	5,610
	A*B	6	418,761	69,794	2,789*	2,510	3,670
	Hata	24	600,534	25,022			
	Genel	35	1871,809	53,480			
Kök	Faktör-A	3	105,675	35,225	0,811öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	3416,665	1708,332	39,341**	3,400	5,610
	A*B	6	296,583	49,431	1,138öd	2,510	3,670
	Hata	24	998,733	43,423			
	Genel	35	4817,656	141,696			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.34.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Pb (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	8,96 b C	17,07 a AB	18,74 a A	11,13 b BC	13,97 b
		Pb1	17,83 a A	16,96 a A	17,38 a A	24,76 a A	19,23 ab
		Pb2	18,70 a B	18,37 a B	24,68 a AB	32,53 a A	23,57 a
		<b>Ort</b>	<b>15,16 C</b>	<b>17,47 BC</b>	<b>20,27 AB</b>	<b>22,81 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	4,870	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	5,712	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	8,436	
	Ispanak Kök	Pb0	1,56	2,72	2,57	5,96	3,26 b
		Pb1	8,65	7,58	9,53	16,24	10,50 b
		Pb2	33,60	22,47	28,09	23,49	26,91 a
		<b>Ort</b>	<b>14,60</b>	<b>10,92</b>	<b>14,75</b>	<b>15,23</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	7,889	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan ve köklerden kaldırılan kurşun miktarlarında kurşun dozlarına paralel olarak artış sağlanmıştır. Kaldırılan en düşük kurşun yapraklarda (13,97 µg saksı<sup>-1</sup>) ve köklerde (3,26 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşun uygulanmayan bitkilerden elde edilirken, en yüksek kurşun yapraklarda (23,57 µg saksı<sup>-1</sup>) ve köklerde (26,91 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun en yüksek dozundan (Pb2) sağlanmıştır. Bitki türlerinin ağır metalleri biriktirmesinde ve taşınmasında değişen kapasiteleri vardır. Bu yüzden, bazı bitki türlerinin spesifik ağır metalleri depolayabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Kurşunun köklerde biriktiği, kurşun konsantrasyonunun yapraklara oranla köklerde daha fazla bulunduğu görülmüştür (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.1.). Kurşun konsantrasyonunun köklerde daha fazla bulunmasına rağmen, yaprak kuru ağırlığının köke oranla daha fazla olması; kaldırılan kurşun miktarının son doz haricinde köklere oranla yapraklarda daha fazla çıkmasına neden olmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yapraktan kaldırılan kurşun miktarına etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuş ancak, köklerden kaldırdığı kurşun miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı

kurşun miktarı artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek kurşun (22.81  $\mu\text{g}$  saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunurken, kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek kurşun miktarı (32,53  $\mu\text{g}$  saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ikinci ve tavuk gübresinin en yüksek dozunun yer aldığı saksılardaki (Pb2xT3) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Yapraklardan kaldırılan en düşük kurşun ise (8,96  $\mu\text{g}$  saksı<sup>-1</sup>) kurşun ve tavuk gübresi uygulanmayan saksılardaki (Pb0xT0) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.2.3. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan azot miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.35'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.36'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.35.** Yaprak ve kök ile kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	3298,105	1099,368	1,295öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2069,865	1034,932	1,219öd	3,400	5,610
	A*B	6	9622,149	1603,691	1,889öd	2,510	3,670
	Hata	24	20377,509	849,063			
	Genel	35	35367,627	1010,504			
Kök	Faktör-A	3	427,375	142,458	0,930öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	12,342	6,171	0,040öd	3,400	5,610
	A*B	6	1095,008	182,501	1,191öd	2,510	3,670
	Hata	24	3677,240	153,218			
	Genel	35	5211,965	148,913			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmium Dozları		*: önemli p<0,05		** : önemli p<0,01			

**Çizelge 4.36.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan N (mg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	177,33	235,73	256,82	224,05	223,49
		Pb1	207,96	225,59	218,43	238,43	222,60
	Pb2	250,36	242,68	222,37	241,04	239,11	
	<b>Ort</b>	<b>211,89</b>	<b>234,67</b>	<b>232,54</b>	<b>234,51</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Pb0	40,58	50,61	65,06	44,73	50,25
		Pb1	48,56	47,18	46,90	52,71	48,84
	Pb2	56,36	44,35	54,01	42,51	49,31	
	<b>Ort</b>	<b>48,50</b>	<b>47,38</b>	<b>55,32</b>	<b>46,65</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı azot miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yaprakların azot içeriği köklere oranla daha fazla bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.2.), kuru ağırlığın da etkisi ile kaldırılan azot miktarları köke oranla yapraklarda daha fazla bulunmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı azot miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı azot miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.2.4. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan fosfor miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.38’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.37.** Yaprak ve kök ile kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	2150,625	716,875	5,178**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	250,712	125,356	0,905öd	3,400	5,610
	A*B	6	610,788	101,798	0,735öd	2,510	3,670
	Hata	24	3322,644	138,443			
	Genel	35	6334,768	180,993			
Kök	Faktör-A	3	47,516	15,839	0,654öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	3,617	1,809	0,075öd	3,400	5,610
	A*B	6	68,576	11,429	0,472öd	2,510	3,670
	Hata	24	580,809	24,200			
	Genel	35	700,518	20,015			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.38.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama			
		T0	T1	T2	T3				
Kaldırılan P (mg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak	Pb0	60,71	77,14	81,07	81,33	75,06		
		Pb1	61,40	67,01	77,77	92,38	74,64		
	Yaprak	Pb2	73,23	80,64	84,16	83,73	80,44		
		<b>Ort</b>	<b>65,11</b>	<b>B</b>	<b>74,93</b>	<b>AB</b>	<b>81,00</b>	<b>A</b>	<b>85,81</b>
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	15,515	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd			
Kök	Pb0	15,80	21,01	20,32	17,91	18,76			
	Pb1	17,08	20,72	17,48	22,49	19,44			
	Pb2	18,98	18,99	20,40	19,30	19,42			
	<b>Ort</b>	<b>17,28</b>	<b>20,24</b>	<b>19,40</b>	<b>19,90</b>				
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı fosfor miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yaprakların fosfor içeriği köklere oranla daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.3.), kuru ağırlığın da yapraklarda fazla olması nedeniyle kaldırılan fosfor miktarları köke oranla yapraklarda fazla bulunmuştur. Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan fosfor miktarına etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuş, kökleri ile kaldırılan fosfor miktarı üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en düşük fosfor (65,11 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin uygulanmadığı bitkilerde (T0), en yüksek fosfor ise (85,81 mg

saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin en yüksek dozundan (T3) elde edilmiştir. Besin elementi alınabilirliğinin artırılması ve bazı alanlarda toksisite problemlerinin regüle edilmesi açısından humik bileşiklerin önemli bir alternatif olabileceği bildirilmiştir (Karaman ve ark. 2012). Tavuk gübresi içerisinde bulunan humik maddelerin bitkilerde büyüme hormonlarına benzer davranışlar sergilediği, bitki besin maddelerinin alımını arttırdığı, bitki gelişimini teşvik edici etkide bulunduğu ve kuru madde miktarının artmasında olumlu yönde etkide bulunduğu bildirilmiştir (Çimrin ve ark. 2001, Aşık ve ark. 2012). Daha önceki yapılan çalışmaların denememizden elde edilen bulguları destekler nitelikte olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı fosfor miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.2.5. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan potasyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.39’da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.40’ta sunulmuştur.

**Çizelge 4.39.** Yaprak ve kök ile kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	126451,919	42150,640	6,734**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	13055,011	6527,505	1,043öd	3,400	5,610
	A*B	6	72578,903	12096,484	1,933öd	2,510	3,670
	Hata	24	150224,810	6259,367			
	Genel	35	362310,643	10351,733			
Kök	Faktör-A	3	7112,937	2370,979	2,540öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	997,282	498,641	0,534öd	3,400	5,610
	A*B	6	3340,990	556,832	0,596öd	2,510	3,670
	Hata	24	22405,784	933,574			
	Genel	35	33856,993	967,343			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.40.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Pb0	470,92	640,50	728,65	669,74	627,45
	Pb1	498,11	582,27	603,70	723,03	601,78
	Pb2	644,05	608,47	645,69	695,17	648,35
	<b>Ort</b>	<b>537,69</b>	<b>610,41</b>	<b>659,35</b>	<b>695,98</b>	
<b>A</b> LSD< 0,01	104,321	<b>B</b> LSD	öd	<b>AxB</b> LSD	öd	
Ispanak Kök	Pb0	104,97	110,99	140,79	118,10	118,71
	Pb1	106,42	80,10	107,86	136,15	107,63
	Pb2	105,44	100,53	143,52	126,04	118,88
	<b>Ort</b>	<b>105,61</b>	<b>97,21</b>	<b>130,73</b>	<b>126,76</b>	
<b>A</b> LSD	öd	<b>B</b> LSD	öd	<b>AxB</b> LSD	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraklardan ve köklerden kaldırdığı potasyum miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yaprakların potasyum içeriği köklere oranla daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.4.), kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan potasyum miktarlarının da köke oranla yapraklarda fazla olmasını sağlamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan potasyum miktarına etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en düşük potasyum (537,69 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin uygulanmadığı bitkilerde (T0), en yüksek potasyum ise (695,98 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin en yüksek dozundan (T3) elde edilmiştir. Humik maddelerin bitki gelişimini uyarıcı etkisinin, makro besin maddelerinin alınımının artırılması ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Çimrin ve ark. 2001). Valdrighi ve ark. (1996), humik asidin bitkinin hücre zarının geçirgenliğini artırarak da besin elementlerinin alınımına yardım ettiğini bildirmişlerdir. Birçok araştırmacı humik asitlerin bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde etkili olduğunu, düşük miktarlarda uygulandığında gelişimi olumlu yönde etkilediğini; bununla beraber fazla miktarda uygulandığında gelişim üzerinde etkisiz veya olumsuz etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir (Padem ve Öcal 1998). Kütük ve ark. (1999), sera koşullarında yapmış oldukları çalışmada, toprağa artan dozlarda uygulanan humik asidin toprağın pH

değerlerini düşürdüğü ve alınabilir Fe, Mn ve Zn miktarını artırdığı sonucuna varmışlardır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı potasyum miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.2.6. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kalsiyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.42’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.41.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	5529,859	1843,286	4,752**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	1685,112	842,556	2,172öd	3,400	5,610
	A*B	6	5954,117	992,353	2,558*	2,510	3,670
	Hata	24	9310,279	387,928			
	Genel	35	22479,367	642,268			
Kök	Faktör-A	3	433,987	144,662	0,621öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	15,728	7,864	0,034öd	3,400	5,610
	A*B	6	2116,825	352,804	1,515öd	2,510	3,670
	Hata	24	5589,347	232,889			
	Genel	35	8155,886	233,025			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı kalsiyum miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yaprakların kalsiyum içeriği köklere oranla daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.5.), kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan miktarların da köke oranla yapraklarda fazla bulunmasına neden olmuştur.



**Çizelge 4.42.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Ca (mg saksı <sup>-1</sup> ) Ispanak Yaprak	Pb0	99,21 a B	131,06 a B	166,69 a A	126,37 a B	130,83
	Pb1	102,65 b B	118,91 a AB	135,95 a A	146,40 a A	125,98
	Pb2	144,19 b A	132,58 a A	134,30 a A	158,11 a A	142,29
	<b>Ort</b>	<b>115,35 B</b>	<b>127,52 AB</b>	<b>145,65 A</b>	<b>143,62 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	25,971	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	33,215
Ispanak Kök	Pb0	28,17	31,05	40,19	26,28	31,42
	Pb1	26,12	25,32	23,15	55,58	32,54
	Pb2	34,02	27,77	32,50	29,59	30,97
	<b>Ort</b>	<b>29,44</b>	<b>28,05</b>	<b>31,95</b>	<b>37,15</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan kalsiyum miktarına etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en düşük kalsiyum (115,35 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin uygulanmadığı bitkilerde (T0), en yüksek kalsiyum ise (145,65 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin ikinci dozundan (T2) elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunurken, kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek kalsiyum miktarı (166,69 mg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun uygulanmadığı, tavuk gübresinin ikinci en yüksek dozunun yer aldığı saksılardaki (Pb0xT2) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Yapraklardan kaldırılan en düşük kalsiyum ise (99,21 mg saksı<sup>-1</sup>) kurşun ve tavuk gübresi uygulanmayan saksılardaki (Pb0xT0) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.2.7. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan magnezyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.42’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.41.** Yaprak ve kök ile kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	1200,979	400,326	4,857**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	478,587	239,294	2,903öd	3,400	5,610
	A*B	6	2090,473	348,412	4,227**	2,510	3,670
	Hata	24	1978,011	82,42			
	Genel	35	5748,050	164,23			
Kök	Faktör-A	3	421,032	140,344	1,159öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	6,539	3,269	0,027öd	3,400	5,610
	A*B	6	873,898	145,650	1,203öd	2,510	3,670
	Hata	24	2905,411	121,059			
	Genel	35	4206,880	120,197			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.42.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Pb0	41,35 b B	68,15 a A	79,57 a A	61,10 a AB	62,54
	Pb1	49,40 b B	57,96 a AB	61,17 a AB	70,68 a A	59,81
	Pb2	72,90 a A	61,98 a A	65,86 a A	73,41 a A	68,54
	<b>Ort</b>	<b>54,55 B</b>	<b>62,70 AB</b>	<b>68,87 A</b>	<b>68,40 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	11,971	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	20,734
Ispanak Kök	Pb0	26,22	29,59	41,58	28,30	31,42
	Pb1	29,20	26,31	27,53	45,07	32,03
	Pb2	33,12	27,27	37,86	31,59	32,46
	<b>Ort</b>	<b>29,51</b>	<b>27,72</b>	<b>35,66</b>	<b>34,99</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı magnezyum miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Magnezyum içeriği diğer makro elementlerden farklı olarak köklerde daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.6.), ancak kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan magnezyum miktarlarının köke oranla yapraklarda daha fazla bulunmasına neden olmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan magnezyum miktarına etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en düşük magnezyum ( $54,55 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin uygulanmadığı bitkilerde (T0), en yüksek magnezyum ise ( $68,87 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin ikinci dozundan (T2) elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunurken, kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek magnezyum miktarı ( $79,57 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) kurşunun uygulanmadığı, tavuk gübresinin ikinci en yüksek dozunun yer aldığı saksılardaki (Pb0xT2) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir. Yapraklardan kaldırılan en düşük magnezyum ise ( $41,35 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) kurşun ve tavuk gübresi uygulanmayan saksılardaki (Pb0xT0) ıspanak bitkilerinden elde edilmiştir.

#### **4.2.8. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan sodyum miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.43'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.44'te sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı sodyum miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Yaprakların sodyum içeriği yaprak ve köklerde birbirine yakın bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.7.), ancak kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan miktarların köke oranla yapraklarda fazla bulunmasına neden olmuştur.

**Çizelge 4.43.** Yaprak ve kök ile kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	233,110	77,703	6,355**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	22,531	11,265	0,921öd	3,400	5,610
	A*B	6	119,847	19,975	1,634öd	2,510	3,670
	Hata	24	293,465	12,228			
	Genel	35	668,953	19,113			
Kök	Faktör-A	3	57,764	19,255	1,841öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2,015	1,007	0,096öd	3,400	5,610
	A*B	6	26,721	4,454	0,426öd	2,510	3,670
	Hata	24	250,998	10,458			
	Genel	35	337,498	9,643			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.44.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Na (mg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	23,36	29,24	33,82	30,75	29,29
		Pb1	24,05	27,39	29,19	33,48	28,53
		Pb2	30,20	28,35	29,86	33,40	30,45
		<b>Ort</b>	<b>25,87 B</b>	<b>28,33 AB</b>	<b>30,95 A</b>	<b>32,54 A</b>	
	A LSD< 0,01	4,611	B LSD	öd	AxB LSD	öd	
Ispanak Kök	Pb0	7,50	9,53	13,47	9,19	9,92	
	Pb1	9,49	8,62	11,27	11,22	10,15	
	Pb2	10,47	9,31	12,03	10,18	10,50	
	<b>Ort</b>	<b>9,16</b>	<b>9,15</b>	<b>12,26</b>	<b>10,20</b>		
A LSD	öd	B LSD	öd	AxB LSD	öd		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düzey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan sodyum miktarına etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en düşük sodyum (25,87 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin uygulanmadığı

bitkilerde (T0), en yüksek sodyum ise (32,54 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin en yüksek dozundan (T3) elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı sodyum miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.2.9. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan demir miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.45’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.46’da sunulmuştur.

**Çizelge 4.45.** Yaprak ve kök ile kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	189203,906	63067,969	1,357öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	176681,960	88340,980	1,901öd	3,400	5,610
	A*B	6	332205,472	55367,579	1,192öd	2,510	3,670
	Hata	24	1115233,872	46468,078			
	Genel	35	1813325,209	51809,292			
Kök	Faktör-A	3	9937237,747	3312412,582	1,242öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2023240,269	1011620,134	0,379öd	3,400	5,610
	A*B	6	19161845,438	3193640,906	1,198öd	2,510	3,670
	Hata	24	64003604,910	2666816,871			
	Genel	35	95125928,364	2717883,668			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı demir miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Köklerin demir içeriği yapraklara oranla çok fazla bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.8.), bu durum yapraklarda kuru ağırlığın fazla olmasına rağmen, kaldırılan demir miktarlarının köklerde fazla bulunmasına neden olmuştur.

**Çizelge 4.46.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Fe (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	534,17	666,98	882,52	641,28	681,24
		Pb1	589,19	599,67	666,37	718,72	643,49
		Pb2	771,46	692,05	692,12	1073,71	807,33
		<b>Ort</b>	<b>631,60</b>	<b>652,90</b>	<b>747,00</b>	<b>811,24</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
	Ispanak Kök	Pb0	4026,9	3036,0	5249,6	2536,7	3712,3
		Pb1	3906,1	2192,6	2852,9	4658,4	3402,5
		Pb2	4667,2	3746,1	4525,9	2991,9	3982,8
		<b>Ort</b>	<b>4200,1</b>	<b>2991,6</b>	<b>4209,5</b>	<b>3395,6</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı demir miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı demir miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.2.10. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bakır miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.47’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.48’de sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı bakır miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Köklerin bakır içeriği yapraklara oranla daha fazla bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.9.), ancak kuru ağırlığın yapraklarda fazla çıkması, kaldırılan bakır miktarının köklere oranla yapraklarda daha fazla belirlenmesine neden olmuştur.

**Çizelge 4.47.** Yaprak ve kök ile kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	2100,547	700,182	4,644*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	256,020	128,010	0,849öd	3,400	5,610
	A*B	6	489,087	81,515	0,541öd	2,510	3,670
	Hata	24	3618,309	150,763			
	Genel	35	6463,964	184,685			
Kök	Faktör-A	3	1983,767	661,256	1,368öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	160,642	80,321	0,166öd	3,400	5,610
	A*B	6	786,127	131,021	0,271öd	2,510	3,670
	Hata	24	11605,399	483,558			
	Genel	35	14535,935	415,312			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.48.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama			
		T0	T1	T2	T3				
Kaldırılan Cu (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak	Pb0	48,37	67,87	78,08	77,76	68,02		
		Pb1	57,40	67,09	69,38	76,91	67,69		
	Yaprak	Pb2	68,20	69,65	77,13	79,05	73,51		
		<b>Ort</b>	<b>57,99</b>	<b>B</b>	<b>68,20</b>	<b>AB</b>	<b>74,86</b>	<b>A</b>	<b>77,90</b>
	A LSD<0,01		11,955	B LSD		öd	AxB LSD		öd
Kök	Ispanak	Pb0	55,65	46,31	73,29	56,41	57,92		
		Pb1	48,53	41,55	54,28	66,82	52,79		
	Kök	Pb2	52,93	48,02	67,31	55,61	55,97		
		<b>Ort</b>	<b>52,37</b>	<b>45,29</b>	<b>64,96</b>	<b>59,61</b>			
	A LSD		öd	B LSD		öd	AxB LSD		öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan bakır miktarına etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en düşük bakır (57,99 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin uygulanmadığı bitkilerde (T0), en yüksek bakır ise (77,90 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin en yüksek dozundan (T3) elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı bakır miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.2.11. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan çinko miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49’da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.50’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.49.** Yaprak ve kök ile kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	75744,706	25248,235	6,601**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	8170,803	4085,402	1,068öd	3,400	5,610
	A*B	6	11160,588	1860,098	0,486öd	2,510	3,670
	Hata	24	91801,558	3825,065			
	Genel	35	186877,655	5339,362			
Kök	Faktör-A	3	767,146	255,715	0,148öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	224,049	112,025	0,065öd	3,400	5,610
	A*B	6	6924,253	1154,042	0,668öd	2,510	3,670
	Hata	24	41484,436	1728,518			
	Genel	35	49399,884	1411,425			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.50.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Pb0	265,61	351,50	398,65	426,09	360,46
	Pb1	304,93	329,39	357,73	441,78	358,46
	Pb2	348,26	382,03	408,91	426,28	391,37
	<b>Ort</b>	<b>306,26 B</b>	<b>354,31 AB</b>	<b>388,43 A</b>	<b>431,38 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	81,551	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
Ispanak Kök	Pb0	100,74	131,14	118,48	85,97	109,08
	Pb1	89,37	96,64	119,05	128,06	108,28
	Pb2	116,58	89,28	106,24	101,64	103,43
	<b>Ort</b>	<b>102,23</b>	<b>105,69</b>	<b>114,59</b>	<b>105,22</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı çinko miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yaprakların



Çinko içeriği köklere oranla daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 2, izelge Ek 2.10.), kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan miktarların da köke oranla yapraklarda fazla olmasını sağlamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan çinko miktarına etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en düşük çinko (306,26  $\mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin uygulanmadığı bitkilerde (T0), en yüksek çinko ise (431,38  $\mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin en yüksek dozundan (T3) elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı çinko miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### **4.2.12. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan mangan miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları izelge 4.51'de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise izelge 4.52'de sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı mangan miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yaprakların mangan içeriği köklere oranla daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 2, izelge Ek 2.11.), kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan miktarların da köke oranla yapraklarda fazla bulunmasını sağlamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan mangan miktarına etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan

kaldırılan en düşük mangan ( $896,60 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin uygulanmadığı bitkilerde (T0), en yüksek mangan ise ( $1219,68 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin en yüksek dozundan (T3) elde edilmiştir.

**Çizelge 4.51.** Yaprak ve kök ile kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	558342,979	186114,326	3,375*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	194191,304	97095,652	1,761öd	3,400	5,610
	A*B	6	401880,896	66980,149	1,215öd	2,510	3,670
	Hata	24	1323290,919	55137,122			
	Genel	35	2477706,098	70791,603			
Kök	Faktör-A	3	54958,098	18319,366	0,819öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	13453,598	6726,799	0,301öd	3,400	5,610
	A*B	6	138437,106	23072,851	1,032öd	2,510	3,670
	Hata	24	536776,015	22365,667			
	Genel	35	743624,816	21246,423			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli $p < 0,05$		** : önemli $p < 0,01$			

**Çizelge 4.52.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Tavuk Gübresi ( $\text{kg da}^{-1}$ )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Mn ( $\mu\text{g saksı}^{-1}$ )	Pb0	724,19	1081,62	1361,65	1091,12	1064,65
	Ispanak Yaprak Pb1	828,66	984,43	993,97	1258,78	1016,46
	Pb2	1136,94	1143,84	1172,71	1309,15	1190,66
	<b>Ort</b>	<b>896,60 B</b>	<b>1069,96 AB</b>	<b>1176,11 A</b>	<b>1219,68 A</b>	
	A $\text{LSD} < 0,05$	228,620	B $\text{LSD}$	öd	AxB $\text{LSD}$	öd
Kök	Pb0	215,91	206,61	319,60	250,44	249,14
	Ispanak Kök Pb1	236,26	195,10	189,05	457,38	269,45
	Pb2	361,21	242,21	310,80	267,44	295,42
	<b>Ort</b>	<b>271,13</b>	<b>214,64</b>	<b>273,15</b>	<b>325,09</b>	
	A $\text{LSD}$	öd	B $\text{LSD}$	öd	AxB $\text{LSD}$	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düzey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı mangan miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.2.13. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bor miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.53’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.54’te sunulmuştur.

**Çizelge 4.53.** Yaprak ve kök ile kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	22422,136	7474,045	1,299öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	22228,657	11114,329	1,931öd	3,400	5,610
	A*B	6	46799,319	7799,886	1,355öd	2,510	3,670
	Hata	24	138110,349	5754,598			
	Genel	35	229560,461	6558,870			
Kök	Faktör-A	3	5593,048	1864,349	2,069öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	267,494	133,747	0,148öd	3,400	5,610
	A*B	6	3209,127	534,855	0,594öd	2,510	3,670
	Hata	24	21624,087	901,004			
	Genel	35	30693,757	876,964			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.54.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan B (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	351,56	274,64	387,46	318,14	332,95
		Pb1	229,87	268,77	314,17	284,16	274,24
		Pb2	306,59	278,42	273,43	411,60	317,51
		<b>Ort</b>	<b>296,01</b>	<b>273,94</b>	<b>325,02</b>	<b>337,97</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Ispanak Kök	Pb0	27,18	66,35	78,87	36,58	52,25	
	Pb1	53,16	65,70	45,63	31,90	49,10	
	Pb2	38,46	46,56	64,16	33,10	45,57	
	<b>Ort</b>	<b>39,60</b>	<b>59,54</b>	<b>62,89</b>	<b>33,86</b>		
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düzey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı bor miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yaprakların bor içeriği köklere oranla daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.12.), kuru

ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan miktarların da köke oranla yapraklarda fazla olmasını sağlamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı bor miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı bor miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.2.14. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kadmiyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.55'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.56'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.55.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kadmiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	16,510	5,503	3,277*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	3,060	1,530	0,911öd	3,400	5,610
	A*B	6	19,349	3,225	1,920öd	2,510	3,670
	Hata	24	40,304	1,679			
	Genel	35	79,223	2,264			
Kök	Faktör-A	3	14,756	4,919	3,016*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2,761	1,381	0,847öd	3,400	5,610
	A*B	6	7,406	1,234	0,757öd	2,510	3,670
	Hata	24	39,138	1,631			
	Genel	35	64,061	1,830			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı kadmiyum miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Köklerin kadmiyum içeriği yapraklara oranla daha fazla bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge

Ek 2.13.), ancak kuru ağırlığın yapraklarda fazla çıkması, kaldırılan kadmiyum miktarının köklere oranla yapraklarda fazla bulunmasını sağlamıştır.

**Çizelge 4.56.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Cd (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	4,14	5,57	7,21	5,32	5,56
		Pb1	5,86	5,06	5,51	7,27	5,92
	Pb2	6,23	4,72	6,48	7,67	6,28	
	<b>Ort</b>	<b>5,41 BC</b>	<b>5,12 C</b>	<b>6,40 AB</b>	<b>6,76 A</b>		
	A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	1,262	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Ispanak Kök	Ispanak Kök	Pb0	3,15	4,14	5,74	4,40	4,36
		Pb1	3,90	3,51	3,99	5,24	4,16
	Pb2	4,12	4,05	5,82	5,29	4,82	
	<b>Ort</b>	<b>3,72 C</b>	<b>3,90 BC</b>	<b>5,18 A</b>	<b>4,98 AB</b>		
	A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	1,243	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırılan kadmiyum miktarına etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en düşük kadmiyum (5,12 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin birinci dozunun uygulandığı bitkilerden (T1), en yüksek kadmiyum ise (6,76 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin en yüksek dozundan (T3) elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük kadmiyum (3,72 µg saksı<sup>-1</sup>) ise tavuk gübresinin uygulanmadığı bitkilerde (T0), en yüksek kadmiyum ise (5,18 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin ikinci dozundan (T2) elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı kadmiyum miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.2.15. Ispanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan krom miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Çizelge 4.59’da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.60’ta sunulmuştur.

**Çizelge 4.59.** Yaprak ve kök ile kaldırılan krom miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	39,647	13,216	2,702öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	1,334	0,667	0,136öd	3,400	5,610
	A*B	6	45,042	7,507	1,535öd	2,510	3,670
	Hata	24	117,366	4,890			
	Genel	35	203,388	5,811			
Kök	Faktör-A	3	233,164	77,721	0,166öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	346,045	173,022	0,370öd	3,400	5,610
	A*B	6	5099,286	849,881	1,819öd	2,510	3,670
	Hata	24	11213,073	467,211			
	Genel	35	16891,568	482,616			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.60.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Cr (µg saksı <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	8,96	9,54	13,28	9,40	10,29
		Pb1	8,09	9,68	9,19	12,70	9,91
	Pb2	9,35	9,45	10,63	11,96	10,35	
	<b>Ort</b>	<b>8,80</b>	<b>9,55</b>	<b>11,04</b>	<b>11,35</b>		
	A <sub>LSD</sub> öd	B <sub>LSD</sub> öd	AxB <sub>LSD</sub> öd				
Ispanak Kök	Pb0	19,31	26,45	58,12	21,74	31,40	
	Pb1	46,09	22,86	22,45	48,35	34,94	
Pb2	42,44	48,00	36,11	29,42	38,99		
<b>Ort</b>	<b>35,94</b>	<b>32,44</b>	<b>38,89</b>	<b>33,17</b>			
A <sub>LSD</sub> öd	B <sub>LSD</sub> öd	AxB <sub>LSD</sub> öd					

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düzey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, ıspanak bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı krom miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Köklerin krom içeriği yapraklara oranla çok fazla bulunmuş (Bkz. Ek 2, Çizelge Ek 2.14.), bu durum yapraklarda kuru ağırlığın fazla olmasına rağmen, kaldırılan krom miktarlarının yapraklara oranla köklerde fazla olmasına neden olmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı krom miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı krom miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

### 4.3. Tavuk Gübresinin Kadmiyum İçeren Toprakta Yetişen Marul Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi

#### 4.3.1. Marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.61’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.62’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.61.** Yaprak ve kök kuru madde varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	8,817	2,939	2,288öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	88,283	44,142	34,359**	3,400	5,610
	A*B	6	25,703	4,284	3,334*	2,510	3,670
	Hata	24	30,833	1,285			
	Genel	35	153,636	4,390			
Kök	Faktör-A	3	24,552	8,184	4,124*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	30,267	15,134	7,626**	3,400	5,610
	A*B	6	28,657	4,776	2,407öd	2,510	3,670
	Hata	24	47,625	1,984			
	Genel	35	131,101	3,746			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi olumsuz yönde etkilenmiş, en düşük kuru ağırlık verimi yaprakta (6,43 g saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (2,54 g saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Araştırmalar

kadmiyumun, tohum çimlenmesini ve bitki büyümesini engellediğini ortaya koymuştur (Sandalio ve ark. 2001, Vivek ve ark. 2001, Öztürk ve ark. 2003, Stolt ve ark. 2003, Köleli ve ark. 2004, Thamayanthi ve ark. 2011). Yapılan çeşitli çalışmalarda bitkilerin gelişimlerinin azalmasının köklerin ağır metallere zarar görmesi üzerine bitki besin maddelerini yeterince alamamalarından kaynaklandığı belirtilmiştir (Milone ve ark. 2003, Bitiktaş 2007, Belkhadi ve ark. 2010). Denememizden elde edilen bulguların daha önceki yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.62.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Kuru ağırlık verimi (g saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	10,68 a A	9,68 a A	10,11 a A	10,02 a A	10,12 a
		Cd1	7,43 b A	7,69 b A	7,65 b A	6,76 b A	7,38 b
		Cd2	4,30 c C	5,58 c BC	8,52 ab A	7,33 b AB	6,43 b
		<b>Ort</b>	<b>7,47</b>	<b>7,65</b>	<b>8,76</b>	<b>8,03</b>	
	A LSD	öd	B LSD<0,01	1,294	AxB LSD<0,05	1,911	
	Marul Kök	Cd0	4,63	3,53	4,86	4,36	4,35 a
		Cd1	2,44	6,63	6,13	3,17	4,59 a
		Cd2	0,93	3,06	3,34	2,81	2,54 b
		<b>Ort</b>	<b>2,67 B</b>	<b>4,41 A</b>	<b>4,78 A</b>	<b>3,45 AB</b>	
	A LSD<0,05	1,372	B LSD<0,01	1,609	AxB LSD	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düzey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Tavuk gübresi uygulamaları ile marul yapraklarının kuru ağırlığında artışlar gözlenmiş, en yüksek yaprak kuru ağırlık verimi (8,76 g saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T2 uygulaması ile sağlanmasına rağmen etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kök kuru ağırlık verimi artış göstermiştir. En yüksek kök kuru ağırlık verimi (4,78 g saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiş, gübre dozunun artması ile kuru madde veriminde azalma gözlenmiştir. Besin elementi alınabilirliğinin artması ve toksisite problemlerinin regüle edilmesi amacıyla humik bileşiklerin önemli bir alternatif olabileceği belirtilmiştir. Tavuk gübresinin de içerdiği humik maddeler sayesinde bitkilerde büyüme hormonlarına benzer davranışlar sergileyerek bitki besin maddelerinin alımını arttırdığı, bitki



gelişimini teşvik edici etkide bulunduğu ve kuru madde miktarının artmasında olumlu yönde etkide bulunduğu bildirilmiştir (Çimrin ve ark. 2001, Aşık ve ark. 2012, Karaman ve ark. 2012). Daha önceki yapılan çalışmaların denememizden elde edilen bulguları destekler nitelikte olduğu görülmüştür. Birçok araştırmacı humik asitlerin bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde etkili olduğunu, düşük miktarlarda uygulandığında gelişimi olumlu yönde etkilediğini; bununla beraber fazla miktarda uygulandığında gelişim üzerinde etkisiz veya olumsuz etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir (Padem ve Öcal 1998).

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak kuru ağırlık verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. En yüksek yaprak kuru ağırlık verimi (10,68 g saksı<sup>-1</sup>) kadmiyum ve tavuk gübresi uygulanmayan saksılardaki (Cd0xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. En düşük yaprak kuru ağırlık verimi ise (4,30 g saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Yapılan çeşitli araştırmalarda topraklara uygulanan kimi organik materyallerin topraklardaki ağır metallerin hareketliliğini ve bitki bünyesine alımını azalttığı bildirilmiştir (Van. Assche ve Clijsters 1990).

#### **4.3.2. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kadmiyum miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.63'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.64'te sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı artış göstermiş, kaldırılan en düşük kadmiyum yaprakta (5,43 µg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (0,40 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek kadmiyum ise yaprakta (243,41

$\mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ilk dozundan (Cd1), kökte ise ( $68,50 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ikinci dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kadmiyumun köklerde biriktiği, kadmiyum konsantrasyonunun yapraklara oranla köklerde daha fazla bulunduğu görülmüştür (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.1.).

**Çizelge 4.63.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kadmiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	14711,718	4903,906	5,286**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	449401,851	224700,926	242,194**	3,400	5,610
	A*B	6	14840,888	2473,481	2,666*	2,510	3,670
	Hata	24	22266,508	927,771			
	Genel	35	501220,965	14320,599			
Kök	Faktör-A	3	1536,681	512,227	2,440öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	28,587,941	14293,970	68,086**	3,400	5,610
	A*B	6	3817,351	636,225	3,031*	2,510	3,670
	Hata	24	5038,542	209,939			
	Genel	35	38980,514	1113,729			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli  $p < 0,05$       \*\*: önemli  $p < 0,01$

**Çizelge 4.64.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Tavuk Gübresi ( $\text{kg da}^{-1}$ )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Cd ( $\mu\text{g saksı}^{-1}$ )	Marul Yaprak	Cd0	5,31 b A	5,50 b A	5,06 b A	5,84 c A	5,43 b
		Cd1	194,69 a B	269,51 a A	280,19 a A	229,26 b AB	243,41 a
		Cd2	189,28 a C	228,13 a BC	264,23 a AB	284,17 a A	241,46 a
	<b>Ort</b>	<b>129,76 B</b>	<b>167,71 AB</b>	<b>183,16 A</b>	<b>173,09 A</b>		
	A $\text{LSD} < 0,01$	40,163	B $\text{LSD} < 0,01$	34,782	AxB $\text{LSD} < 0,05$	51,366	
Marul Kök	Cd0	0,50 c A	0,33 c A	0,33 b A	0,42 b A	0,40 c	
	Cd1	36,17 b B	26,50 b B	45,33 a AB	68,75 a A	44,19 b	
	Cd2	92,50 a A	55,75 a B	63,58 a B	62,17 a B	68,50 a	
<b>Ort</b>	<b>43,06</b>	<b>27,53</b>	<b>36,42</b>	<b>43,78</b>			
A $\text{LSD}$	öd	B $\text{LSD} < 0,01$	16,546	AxB $\text{LSD} < 0,05$	24,434		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini olumsuz yönde etkilediği için kaldırılan kadmiyum miktarı köklere oranla yapraklarda daha fazla tespit edilmiştir. Ortamda artan Cd konsantrasyonu ile bitki Cd konsantrasyonunun aynı paralelde arttığı, yaprak alanının ve bitkinin su içeriğinin azaldığı bildirilmiştir (Li ve ark. 2014). Yapılan diğer

çalışmada Cd uygulamasına paralel olarak hardal bitkisindeki Cd konsantrasyonunun arttığı ve kadmiyumun ilk önce genç yapraklarda biriktiği ortaya konmuştur (Salt ve ark. 1995). Bakhshayesh ve ark. (2014) ıspanak bitkisinin kadmiyumu köke göre yapraklarda daha fazla biriktirdiğini tespit etmiş, bu durumun yaprağı yenen sebzeler için bir dezavantaj iken yumruları yenen sebzeler için bir avantaj olduğunu belirtmişlerdir. Kadmiyum birikiminin bitki çeşitlerine göre farklılık gösterdiği, yaprağı yenen bitkilerden marul ve ıspanağın, kadmiyum elementini en fazla biriktiren sebzeler grubunda yer aldığı bildirilmiştir (Lehoczky ve ark. 1998). Yeşil tüketilen sebzelerde yaprakta birikmesine karşılık tahıllarda kök kısımlarında daha fazla kadmiyum bulunduğu ve bitkinin kök bölgesinden tepe kısmına doğru azaldığı belirtilmiştir (Kacar ve İnal 2008). Bir başka çalışmada ise marul bitkisinin yüksek miktarlarda Cd biriktirebilme özelliğinin olduğu ve dokularında 3 mg kg<sup>-1</sup>'dan fazla Cd içeren bitkileri düzenli olarak tüketen insanlarda Cd'un toksik etkilerinin görülebildiği bildirilmiştir (Alloway 1995, Pais ve Jones 2000). Çalışmamızda; kadmiyum uygulanmayan bitkilerin ortalama Cd içeriği yapraklarda 0,54 mg kg<sup>-1</sup>, köklerde ise 0,41 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenirken, bu değerler kadmiyum uygulamaları ile artarak yapraklarda; 33,10 mg kg<sup>-1</sup> ve 39,52 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Köklerde ise; değerler yapraklara oranla daha fazla artış göstermiş ve 44,19 mg kg<sup>-1</sup> ve 68,50 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.1.). Denememizden elde edilen bulguların daha önceki yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan kadmiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı kadmiyum miktarı artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek kadmiyum (183,16 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek kadmiyum (43,78 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmesine rağmen etki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Humik maddelerin bitki gelişimini uyarıcı etkisinin, makro besin maddelerinin alımının artırılması ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Humik maddeler metal katyonları ile kompleks oluşturarak besin alımını arttırabileceği ya da tersine köklerle rekabete girerek azaltabileceği ifade

edilmiştir (Çimrin ve ark. 2001). Daha önceki yapılan çalışmaların denememizden elde edilen bulguları destekler nitelikte olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırılan kadmiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en yüksek kadmiyum miktarı (284,17 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyum ve tavuk gübresinin en yüksek dozlarının uygulandığı saksılardaki (Cd2xT3) marul bitkilerinden, en düşük kadmiyum ise (5,06 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyum uygulanmayan, tavuk gübresinin ikinci dozunun yer aldığı saksılardaki (Cd0xT2) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Köklerden kaldırılan en düşük kadmiyum ise (0,33 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyum uygulanmayan, tavuk gübresinin bir (Cd0xT1) ve ikinci (Cd0xT2) dozunun yer aldığı saksılardaki marul bitkilerinden elde edilmiştir. En yüksek kadmiyum miktarı (92,50 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin bulunmadığı saksılardaki (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Valdrighi ve ark. (1996), humik asidin bitkinin hücre zarının geçirgenliğini artırarak da besin elementlerinin alınımına yardım ettiğini bildirmişlerdir. Birçok araştırmacı humik asitlerin bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde etkili olduğunu, düşük miktarlarda uygulandığında gelişimi olumlu yönde etkilediğini; bununla beraber fazla miktarda uygulandığında gelişim üzerinde etkisiz veya olumsuz etkilere sahip olduğunu belirtmişlerdir (Padem ve Öcal 1998). Kütük ve ark. (1999), sera koşullarında yapmış oldukları çalışmada, toprağa artan dozlarda uygulanan humik asidin toprağın pH değerlerini düşürdüğü ve alınabilir Fe, Mn ve Zn miktarını artırdığı sonucuna varmışlardır. Tavuk gübresi makro ve mikro pek çok bitki besin elementi yanı sıra üretim ve yönetim sürecine bağlı olarak pek çok ağır metali de bünyesinde içerdiği bildirilmiştir (Gupta and Charles 1999). Organik gübre kullanımına bağlı olarak ağır metallerin neden olduğu risklerin toprakların bu elementleri absorbe etme yetenekleri ile organik madde, kil mineralleri ve hidrate metal oksitlerin pH'ya bağlı yüzey yükleri oluşturabilme yeteneklerine bağlı olduğu bildirilmiştir (Pierzynski ve ark. 2005). Yapılan kimi çalışmalarda da Cu ve Zn'nun kil içeriği yüksek topraklarda hareketsiz olduğu, atık çamur uygulamasıyla yüzey topraklarda Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarının artış gösterdiği (Chang ve ark. 1984), tavuk gübresi uygulamaları ile kontrole oranla toprakların As, Cd, Cu ve Mn miktarlarında artış görüldüğü ifade edilmiştir (Gupta and Charles 1999). Daha önceki

yapılan çalışmaların denememizden elde edilen bulguları destekler nitelikte olduğu görülmüştür.

#### 4.3.3. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan azot miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.65'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.66'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.65.** Yaprak ve kök ile kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	4828,468	1609,489	3,361*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	8886,024	4443,012	9,278**	3,400	5,610
	A*B	6	8119,396	1353,233	2,826*	2,510	3,670
	Hata	24	11493,504	478,896			
	Genel	35	33327,392	952,211			
Kök	Faktör-A	3	2701,181	900,394	9,763**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2410,812	1205,406	13,070**	3,400	5,610
	A*B	6	278,099	46,350	0,503öd	2,510	3,670
	Hata	24	2213,435	92,226			
	Genel	35	7603,527	217,244			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprakları ile kaldırdığı azot miktarında azalma gözlenmiş, yapraktan kaldırılan en düşük azot (213,16 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük azot ise (37,62 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Kadmiyumun köklerde birikimi, kök gelişimini olumsuz yönde etkilemiş bu durum azot miktarlarına da yansiyarak köklere oranla azot içeriğinin yapraklarda daha fazla olduğu ve yapraklardan daha fazla azotun kaldırıldığı tespit edilmiştir (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.2.).

**Çizelge 4.66.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan N (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	249,10 a A	255,77 a A	246,69 a A	251,14 a A	250,68 a
		Cd1	232,64 a A	244,65 a A	241,93 a A	238,06 a A	239,32 a
	Cd2	165,27 b C	203,76 b B	250,97 a A	232,61 a AB	213,16 b	
	<b>Ort</b>	<b>215,67 B</b>	<b>234,73 AB</b>	<b>246,53 A</b>	<b>240,61 A</b>		
	A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	21,307	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	24,990	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	36,904	
	Marul Kök	Cd0	26,79	36,41	46,52	40,74	37,62 b
		Cd1	40,67	59,45	58,23	66,72	56,27 a
		Cd2	23,51	43,40	44,68	50,71	40,58 b
	<b>Ort</b>	<b>30,32 B</b>	<b>46,42 A</b>	<b>49,81 A</b>	<b>52,72 A</b>		
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	12,663	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	10,966	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Kadmiyumun bitki için gerekli olmadığı, kadmiyum konsantrasyonunun artması durumunda K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabete girerek bitkinin gelişiminin olumsuz etkilendiği bildirilmiştir (Benavides ve ark. 2005). Bitiktaş (2007) ise yaptığı araştırmada bitki köklerinin ağır metallerden zarar görmesi üzerine bitki besin maddelerini alamadıklarını belirtmiştir. Denememizden elde edilen azot değerlerinde önceki çalışmalarda belirtildiği üzere kadmiyumdan olumsuz şekilde etkilendiği görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan azot miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde, kökleri ile kaldırılan azot miktarı üzerine etkisi ise istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kaldırdığı azot miktarı artış göstermiştir. Yapraktan kaldırılan en yüksek azot (246,53 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T2 uygulamasından, kökten kaldırılan en yüksek azot (52,72 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulamasından elde edilmiştir. Karaman ve ark. (2012), besin elementi alınabilirliğinin artırılması ve bazı alanlarda toksisite problemlerinin regüle edilmesi açısından humik bileşiklerin önemli bir alternatif olabileceğini bildirmiştir. Tavuk gübresinin de içerisinde bulunan humik maddeler sayesinde bitkilerde büyüme hormonlarına benzer davranışlar sergileyerek, bitki besin maddelerinin alımını arttırdığı, bitki gelişimini teşvik edici etkide bulunduğu ve kuru madde miktarının artmasında

olumlu yönde etkide bulunduğu bildirilmiştir (Çimrin ve ark. 2001, Aşık ve ark. 2012). Sözüdoğru ve ark. (1996) da kontrole göre humik asit uygulamalarının fasulye bitkisi yapraklarının N, içeriklerini arttırdığını bildirmiştir. Selçuk ve Tüfenkçi (2009), artan humik asit uygulamalarının mısır bitkisinde danenin azot, içeriklerini önemli düzeyde etkilediğini belirlemişlerdir. Denememizden elde edilen bulguların daha önceki yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan azot miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek azot miktarı (255,77 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı, tavuk gübresinin birinci dozunun uygulandığı saksılardaki (Cd0xT1) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Yapraklardan kaldırılan en düşük azot ise (165,27 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Bu sonuçlardan da kadmiyumun azot içeriğine olumsuz, tavuk gübresinin ise olumlu yönde etkisi görülmüştür.

#### **4.3.4. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan fosfor miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.67’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.68’de sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarında azalma gözlenmiş, kaldırılan en düşük fosfor yaprakta (33,44 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (10,63 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. Kaldırılan en yüksek fosfor ise yaprakta (50,54 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0), kökte ise (17,19 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun ilk dozundan elde edilmiş ancak kadmiyum uygulanmayan bitkilerle aynı grupta yer

almıştır. Kadmiyumun köklerde birikimi, kök gelişimini olumsuz yönde etkilemiş bu durum fosfor miktarlarına da yansiyarak köklere oranla fosfor içeriğinin yapraklarda daha fazla olduğu ve yapraklardan daha fazla fosfor kaldırıldığı tespit edilmiştir (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.3.). Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş yapmış olduğumuz çalışmada bu sayılan elementlere ilave olarak kadmiyumun fosfor alımını da olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

**Çizelge 4.67.** Yaprak ve kök ile kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	171,530	57,177	2,441öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	1780,967	890,483	38,017**	3,400	5,610
	A*B	6	460,826	76,804	3,279*	2,510	3,670
	Hata	24	562,160	23,423			
	Genel	35	2975,483	85,014			
Kök	Faktör-A	3	207,763	69,254	3,509*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	321,305	160,653	8,140**	3,400	5,610
	A*B	6	112,493	18,749	0,950öd	2,510	3,670
	Hata	24	473,652	19,735			
	Genel	35	1115,212	31,863			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.68.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )									
		T0		T1		T2		T3		Ortalama	
Marul Yaprak	Cd0	52,75	a A	50,29	a A	51,12	a A	48,01	a A	50,54	a
	Cd1	42,09	b A	40,50	b A	42,01	b A	36,17	b A	40,19	b
	Cd2	24,40	c C	30,72	c BC	42,30	b A	36,34	b AB	33,44	c
	<b>Ort</b>	<b>39,75</b>		<b>40,50</b>		<b>45,14</b>		<b>40,17</b>			
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>		5,527		AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>		8,162		
Marul Kök	Cd0	16,00		15,11		17,31		18,51		16,73	a
	Cd1	11,37		20,18		20,98		16,22		17,19	a
	Cd2	5,62		10,46		14,52		11,94		10,63	b
	<b>Ort</b>	<b>11,00</b>	<b>B</b>	<b>15,25</b>	<b>AB</b>	<b>17,60</b>	<b>A</b>	<b>15,56</b>	<b>A</b>		
A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	4,325	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>		5,073		AxB <sub>LSD</sub>		öd			

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir



Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan fosfor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamasına rağmen yapraktan kaldırılan en yüksek fosfor (45,14 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı artış göstermiş ve etki istatistiksel olarak, % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökten kaldırılan en düşük fosfor (11,00 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin uygulanmadığı (T0) bitki köklerinden, en yüksek fosfor ise (17,60 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir. Sözüdoğru ve ark. (1996) kontrole göre humik asit uygulamalarının fasulye bitkisi yapraklarının P içeriklerini arttırdığını bildirmiştir. Selçuk ve Tüfenkçi (2009), artan humik asit uygulamalarının mısır gövdesinin fosfor içeriğini önemli düzeyde etkilediğini belirlemişlerdir. Denememizden elde edilen bulguların daha önceki yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan fosfor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek fosfor miktarı (52,75 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyum ve tavuk gübresi uygulanmayan saksılardaki (Cd0xT0) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük fosfor ise (24,40 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Kadmiyumun fosfor alınımı üzerine olumsuz etkisinin tavuk gübresi uygulamasına bağlı olarak azalma gösterdiği elde edilen sonuçlardan da görülmüştür.

#### **4.3.5. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan potasyum miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.69'da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.70'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.69.** Yaprak ve kök ile kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	42399,500	14133,167	4,102*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	238494,999	119247,499	34,612**	3,400	5,610
	A*B	6	63351,574	10558,596	3,065*	2,510	3,670
	Hata	24	82685,966	3445,249			
	Genel	35	426932,039	12198,058			
Kök	Faktör-A	3	32312,039	10770,680	7,135**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	7629,282	3814,641	2,527öd	3,400	5,610
	A*B	6	944,556	157,426	0,104öd	2,510	3,670
	Hata	24	36320,100	1509,588			
	Genel	35	77115,978	2203,314			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.70.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan K (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	581,89 a A	590,39 a A	602,62 a A	578,51 a A	588,35 a
		Cd1	475,98 b A	463,11 b A	501,43 b A	422,05 b A	465,64 b
		Cd2	272,78 c C	345,36 c BC	505,78 ab A	439,74 b AB	390,92 c
		<b>Ort</b>	<b>443,55 B</b>	<b>466,29 B</b>	<b>536,61 A</b>	<b>480,10 AB</b>	
		A LSD<0,05	57,148	B LSD<0,01	67,027	AxB LSD<0,05	98,984
Kaldırılan K (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Kök	Cd0	63,66	90,58	118,29	132,15	101,17
		Cd1	66,01	109,88	124,46	143,32	110,92
		Cd2	24,14	63,45	103,70	114,06	76,34
		<b>Ort</b>	<b>51,27 B</b>	<b>87,97 AB</b>	<b>115,48 A</b>	<b>129,84 A</b>	
		A LSD<0,01	51,231	B LSD	öd	AxB LSD	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprakları ile kaldırdığı potasyum miktarında azalma gözlenmiş, yapraktan kaldırılan en düşük potasyum (390,92 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek potasyum ise (588,35 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarında azalmaya neden olsa da etki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Potasyumun diğer makro elementlerden farklı olarak köklerde birikim yaptığı görülmüştür (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.4.). Ancak, kadmiyumun köklerde birikimi nedeniyle kök gelişiminin olumsuz yönde etkilenmesi; kaldırılan potasyumun köklere oranla yapraklarda daha fazla belirlenmesine neden olmuştur. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu, Belkhadi ve ark. (2010) da Cd uygulaması ile bitkide K konsantrasyonlarının azaldığını bildirmiş, yapmış olduğumuz çalışmada da benzer olarak kadmiyumun potasyum taşınımını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprakları ile kaldırılan potasyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuş, yapraktan kaldırılan en yüksek potasyum ( $536,61 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir. Artan tavuk gübresi uygulamalarına paralel olarak bitkinin kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı artış göstermiş, etki istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökten kaldırılan en düşük potasyum ( $51,27 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin uygulanmadığı (T0) bitki köklerinden, en yüksek potasyum ise ( $129,84 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin T3 uygulaması ile sağlanmıştır. Artan humik asit uygulamalarının mısır gövdesinin potasyum içeriğini önemli düzeyde etkilediği Selçuk ve Tüfenkçi (2009) tarafından da belirlenmiş, denememizden elde edilen bulguların yapılan çalışmayla uyumlu olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan potasyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek potasyum miktarı ( $602,62 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun uygulanmadığı, tavuk gübresinin ikinci dozundaki saksılardaki (Cd0xT2) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük potasyum ise ( $272,78 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Kadmiyumun potasyum alınımı üzerine olumsuz etkisinin tavuk gübresi uygulamasına bağlı olarak azalma eğiliminde olduğu, elde edilen sonuçlardan da görülmüştür.

#### 4.3.6. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kalsiyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.71’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.72’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.71.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	879,645	293,215	4,250*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	3022,084	1511,042	21,903**	3,400	5,610
	A*B	6	1303,805	217,301	3,150*	2,510	3,670
	Hata	24	1655,707	38,988			
	Genel	35	6861,241	196,035			
Kök	Faktör-A	3	2978,422	992,807	6,523**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	949,327	474,663	3,119öd	3,400	5,610
	A*B	6	2294,188	382,365	2,512*	2,510	3,670
	Hata	24	3652,909	152,205			
	Genel	35	9874,845	282,138			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.72.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Ca (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	86,52 a A	84,62 a A	86,84 a A	82,18 a A	85,04 a
		Cd1	71,14 b AB	70,94 ab AB	77,38 a A	62,23 b B	70,42 b
		Cd2	45,40 c C	59,46 c B	78,71 a A	68,36 ab AB	62,98 b
		<b>Ort</b>	<b>67,69 B</b>	<b>71,67 B</b>	<b>80,97 A</b>	<b>70,92 B</b>	
		A LSD<0,05	8,087	B LSD<0,01	9,485	AxB LSD<0,05	14,007
	Marul Kök	Cd0	22,99 a B	16,92 b B	44,30 a A	28,48 a AB	28,17
		Cd1	11,75 a C	39,18 a AB	53,17 a A	20,45 a BC	31,14
		Cd2	7,78 a B	32,22 ab A	18,94 b AB	17,34 a AB	19,07
		<b>Ort</b>	<b>14,17 B</b>	<b>29,44 AB</b>	<b>38,80 A</b>	<b>22,09 B</b>	
		A LSD<0,01	16,268	B LSD	öd	AxB LSD<0,05	20,805

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli

bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprakları ile kaldırdığı kalsiyum miktarında azalma gözlenmiş, yapraktan kaldırılan en düşük kalsiyum (62,98 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek kalsiyum ise (85,04 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kalsiyum konsantrasyonları köklere oranla yapraklarda fazla bulunmuştur (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.5.).

Kadmiyumun köklerde birikimi nedeniyle kök gelişiminin olumsuz yönde etkilendiği, bu durumun elementin kaldırılan miktarlarına da yansiyarak köklere oranla yapraklarda daha fazla kalsiyumun kaldırıldığı tespit edilmiştir. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun Ca elementi ile de rekabet halinde olduğunu, Belkhadi ve ark. (2010) ise kadmiyum stresi üzerine yaptıkları çalışmada, Cd uygulaması ile bitkide Ca konsantrasyonlarının azaldığını bildirmiş, denememizden elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda verilen tavuk gübresi dozlarına paralel olarak bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı artış göstermiş, tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5, kökleri ile kaldırılan kalsiyum miktarları ise % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan (80,97 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökten kaldırılan en yüksek kalsiyum (38,80 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan (67,69 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökten (14,17 mg saksı<sup>-1</sup>) kaldırılan en düşük kalsiyum, tavuk gübresinin uygulanmadığı (T0) bitkilerde belirlenmiştir. Yapılan çeşitli araştırmalarda topraklara uygulanan kimi organik materyallerin topraklardaki ağır metallerin hareketliliğini ve bitki bünyesine alımını azalttığı bildirilmiştir (Van. Assche ve Clijsters 1990).

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırılan kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en yüksek kalsiyum miktarı (86,84 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı, tavuk gübresinin ikinci dozundaki

saksılardaki (Cd0xT2) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük kalsiyum ise (45,40 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.3.7. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan magnezyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.73'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.74'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.73.** Yaprak ve kök ile kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	74,049	24,683	4,085*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	394,248	197,124	32,628**	3,400	5,610
	A*B	6	122,845	20,474	3,389*	2,510	3,670
	Hata	24	145,009	6,042			
	Genel	35	736,150	21,33			
Kök	Faktör-A	3	3630,927	1210,309	3,767*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2195,925	1097,963	3,417*	3,400	5,610
	A*B	6	4434,603	739,100	2,301öd	2,510	3,670
	Hata	24	7710,670	321,278			
	Genel	35	17972,126	513,489			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05    **: önemli p<0,01					

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprakları ile kaldırdığı magnezyum miktarında azalma gözlenmiş, yapraktan kaldırılan en düşük magnezyum (19,62 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek magnezyum ise (27,32 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi ise istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte yapraktan kaldırılan en düşük

magnezyum ( $15,10 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek magnezyum ise ( $33,72 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ilk dozundan (Cd1) elde edilmiştir. Magnezyumun da potasyum gibi köklerde birikim yaptığı görülmüştür (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.6.). Kadmiyumun köklerde birikimiyle olumsuz yönde etkilenen kök gelişimi nedeniyle yapraklardan köklere yakın oranda magnezyumun kaldırıldığı tespit edilmiştir. Belkhadi ve ark. (2010) kadmiyum stresi üzerine yaptıkları çalışmada, Cd uygulaması ile bitkide Mg konsantrasyonunun azaldığını bildirmiştir.

**Çizelge 4.74.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Tavuk Gübresi ( $\text{kg da}^{-1}$ )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Mg ( $\text{mg saksı}^{-1}$ )	Marul	Cd0	27,32 a A	28,44 a A	27,16 a A	26,35 a A	27,32 a
		Cd1	12,23 b A	21,82 b A	22,85 b A	19,12 b A	21,26 b
	Yaprak	Cd2	13,61 c B	19,93 b A	23,78 ab A	21,19 b A	19,62 b
		<b>Ort</b>	<b>20,72 B</b>	<b>23,39 A</b>	<b>24,60 A</b>	<b>22,22 AB</b>	
	A $\text{LSD} < 0,05$	2,393	B $\text{LSD} < 0,01$	2,807	AxB $\text{LSD} < 0,05$	4,145	
Marul Kök	Cd0	29,41	17,73	46,35	19,34	28,21 ab	
	Cd1	12,84	61,42	49,32	11,31	33,72 a	
	Cd2	4,77	25,63	13,78	16,22	15,10 b	
	<b>Ort</b>	<b>15,67 B</b>	<b>34,93 A</b>	<b>36,48 A</b>	<b>15,62 B</b>		
A $\text{LSD} < 0,05$	17,452	B $\text{LSD} < 0,05$	15,113	AxB $\text{LSD}$	öd		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda verilen tavuk gübresi dozlarına paralel olarak bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı artış göstermiş, tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırılan magnezyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kaldırılan en düşük magnezyum, yaprakta ( $20,72 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin uygulanmadığı (T0) bitkilerde, kökte ( $15,62 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) ise tavuk gübresinin en yüksek dozunda (T3) belirlenmiştir. Kaldırılan en yüksek magnezyum ise yaprakta ( $24,60 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) ve kökte ( $36,48 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan magnezyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en yüksek magnezyum miktarı

(28,44 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı, tavuk gübresinin birinci dozundaki saksılardaki (Cd0xT1) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük magnezyum ise (12,23 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun birinci ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd1xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Karaman ve ark. (2012), besin elementi alınabilirliğinin artırılması ve bazı alanlarda toksisite problemlerinin regüle edilmesi açısından humik bileşiklerin önemli bir alternatif olabileceğini bildirmiştir. Yapılan çeşitli araştırmalarda topraklara uygulanan kimi organik materyallerin topraklardaki ağır metallerin hareketliliğini ve bitki bünyesine alımını azalttığı bildirilmiştir (Van. Assche ve Clijsters 1990). Tavuk gübresinin de içerisinde bulunan humik maddeler sayesinde bitkilerde büyüme hormonlarına benzer davranışlar sergileyerek, bitki besin maddelerinin alımını arttırdığı bildirilmiştir (Çimrin ve ark. 2001, Aşık ve ark. 2012).

#### 4.3.8. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan sodyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.75'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.76'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.75.** Yaprak ve kök ile kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	102,912	34,304	3,576*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	574,887	287,444	29,968**	3,400	5,610
	A*B	6	186,675	31,113	3,244*	2,510	3,670
	Hata	24	230,203	9,592			
	Genel	35	1094,678	31,277			
Kök	Faktör-A	3	147,574	49,191	6,519**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	50,871	25,436	3,371öd	3,400	5,610
	A*B	6	9,398	1,566	0,208öd	2,510	3,670
	Hata	24	181,103	7,546			
	Genel	35	388,946	11,113			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05    **: önemli p<0,01					

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli



bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprakları ile kaldırdığı sodyum miktarında azalma gözlenmiş, yapraktan kaldırılan en düşük sodyum (20,35 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek sodyum ise (30,02 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Sodyumun da magnezyum ve potasyum gibi köklerde birikim yaptığı görülmüştür (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.7.). Ancak kadmiyumun köklerde birikimi nedeniyle kök gelişiminin olumsuz yönde etkilendiği, bu durumun elementin kaldırılan miktarlarına da yansiyarak köklere oranla yapraklardan daha fazla sodyumun kaldırıldığı tespit edilmiştir. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş, yapmış olduğumuz çalışmada bu sayılan elementlere ilave olarak kadmiyumun sodyum alımını da olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

**Çizelge 4.76.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Na (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	29,66 a A	30,24 a A	30,56 a A	29,61 a A	30,02 a
		Cd1	24,50 a A	23,83 b A	25,11 b A	22,01 b A	23,86 b
		Cd2	13,63 b C	18,45 c BC	26,19 ab A	23,12 b AB	20,35 b
		<b>Ort</b>	<b>22,60 B</b>	<b>24,17 B</b>	<b>27,29 A</b>	<b>24,92 AB</b>	
		A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	3,015	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	3,537	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	5,223
	Marul Kök	Cd0	5,49	7,59	9,49	9,51	8,02
		Cd1	4,89	9,36	10,12	9,36	8,43
		Cd2	1,88	5,29	7,97	7,78	5,73
		<b>Ort</b>	<b>4,09 B</b>	<b>7,41 AB</b>	<b>9,19 A</b>	<b>8,89 A</b>	
		A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	3,622	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda verilen tavuk gübresi dozlarına paralel olarak bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı artış göstermiş, tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan sodyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde, kökleri ile kaldırılan sodyum miktarı üzerine etkisi ise % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kaldırılan en düşük sodyum, yaprakta (22,60 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte

(4,09 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin uygulanmadığı (T0) bitkilerde belirlenmiştir. Kaldırılan en yüksek sodyum ise yaprakta (27,29 mg saksı<sup>-1</sup>) ve kökte (9,19 mg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan sodyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en yüksek sodyum miktarı (30,56 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı, tavuk gübresinin ikinci dozundaki saksılardaki (Cd0xT2) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük magnezyum ise (13,63 mg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun ikinci ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.3.9. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan demir miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.77’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.78’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.77.** Yaprak ve kök ile kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	174815,865	58271,955	0,380öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2059981,888	1029990,944	6,711**	3,400	5,610
	A*B	6	710035,283	118339,214	0,771öd	2,510	3,670
	Hata	24	3683436,840	153476,535			
	Genel	35	6628269,875	189379,139			
Kök	Faktör-A	3	7445220673,390	2481740224,46	7,550**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	3877293663,063	1938646831,53	5,897**	3,400	5,610
	A*B	6	12391421194,586	2065236865,76	6,283**	2,510	3,670
	Hata	24	7889444806,099	328726866,921			
	Genel	35	31603380337,138	902953723,918			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05    **: önemli p<0,01					

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli

bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarında azalma gözlenmiş, yapraktan kaldırılan en düşük demir (924,07  $\mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek demir ise (1455,64  $\mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı en düşük demir (19756,1  $\mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek demir ise (43051,05  $\mu\text{g g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ilk dozundan (Cd1) elde edilmiştir.

**Çizelge 4.78.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Tavuk Gübresi ( $\text{kg da}^{-1}$ )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Fe ( $\mu\text{g saksı}^{-1}$ )	Cd0	1607,94	1172,58	1427,32	1614,71	1455,64 a
	Marul Cd1	1099,69	889,40	922,78	993,63	976,37 b
	Yaprak Cd2	638,98	956,53	1162,94	937,83	924,07 b
	<b>Ort</b>	<b>1115,54</b>	<b>1006,17</b>	<b>1171,01</b>	<b>1182,06</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	447,36	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Kaldırılan Fe ( $\mu\text{g saksı}^{-1}$ )	Cd0	56586,4 a	A 24269,6 a	A 59479,0 a	A 20528,8 a	A 40215,9 ab
	Marul Cd1	18656,5 ab	BC 95350,9 b	A 52600,2 ab	B 5598,2 a	C 43051,5 a
	Kök Cd2	6781,5 b	A 37739,6 b	A 16085,1 b	A 18418,0 a	A 19756,1 b
	<b>Ort</b>	<b>27341,5 BC</b>	<b>52453,4 A</b>	<b>42721,4 AB</b>	<b>14848,3 C</b>	
A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	23906,994	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	20704,064	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	41408,128	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Artan kadmiyum dozları ile bitkinin kök ve yaprak gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Ancak demirin köklerde diğer elementlere oranla çok fazla birikim yaptığı görülmüş, bu durum kaldırılan demir miktarının yapraklara oranla köklerde daha fazla çıkmasına neden olmuştur (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.8.). Belkhadi ve ark. (2010) kadmiyum stresi üzerine yaptıkları çalışmada, Cd uygulaması ile bitkide Fe konsantrasyonlarının azaldığını bildirmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan demir miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmazken, kökleri ile kaldırılan demir miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli

bulunmuştur. Kaldırılan en düşük demir, kökte (14848,3 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin en yüksek dozunda (T3), en yüksek demir ise kökte (52453,4 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T1 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin kökleri ile kaldırılan demir miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökten kaldırılan en yüksek demir miktarı (95350,9 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun ve tavuk gübresinin birinci dozundaki saksılardaki (Cd1xT1) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük demir ise (5598,2 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun birinci ve tavuk gübresinin en yüksek dozundaki (Cd1xT3) marul bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.3.10. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bakır miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.79’da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.80’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.79.** Yaprak ve kök ile kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	636,312	212,104	1,711öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2845,730	1422,865	11,475**	3,400	5,610
	A*B	6	2528,279	421,380	3,398*	2,510	3,670
	Hata	24	2975,959	123,998			
	Genel	35	8989,280	256,751			
Kök	Faktör-A	3	11839,306	3946,435	5,229**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	10281,458	5140,729	6,811**	3,400	5,610
	A*B	6	15465,266	2577,544	3,415*	2,510	3,670
	Hata	24	18114,723	754,780			
	Genel	35	55700,753	1591,450			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05    **: önemli p<0,01					

**Çizelge 4.80.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Cu (µg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	62,25 a A	46,21 a AB	39,17 a B	41,14 a B	47,19 a
		Cd1	48,79 a A	26,38 b B	28,63 a B	30,85 a AB	33,66 b
		Cd2	14,62 b B	20,75 b B	41,94 a A	25,27 a AB	25,65 b
		<b>Ort</b>	<b>41,89</b>	<b>31,11</b>	<b>36,58</b>	<b>32,42</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	12,76	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	18,779	
	Marul Kök	Cd0	80,88 a A	51,39 b A	89,21 ab A	56,32 a A	69,45 ab
		Cd1	35,96 ab B	124,97 a A	127,52 a A	48,52 a B	84,24 a
		Cd2	17,23 b A	56,70 b A	49,55 b A	49,98 a A	43,36 b
		<b>Ort</b>	<b>44,69 B</b>	<b>77,69 AB</b>	<b>88,76 A</b>	<b>51,61 B</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	36,226	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	31,372	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	46,330	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarında azalma gözlenmiş, yapraktan kaldırılan en düşük bakır (25,65 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek bakır ise (47,19 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı en düşük bakır (43,36 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek bakır ise (84,24 µg g saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun ilk dozundan (Cd1) sağlanmıştır. Artan kadmiyum dozları ile bitkinin kök ve yaprak gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Ancak köklerde bakır konsantrasyonunun demir'e benzer şekilde fazla olduğu görülmüş (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.9.), bu durum kaldırılan bakır miktarının yapraklara oranla köklerde daha fazla çıkmasına neden olmuştur. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş yapmış olduğumuz çalışmada da kadmiyumun bakır taşınımını olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresi marul bitkisinin yapraktan kaldırdığı bakır miktarında azalmaya neden olmuş, ancak etki istatistiksel olarak önemli

çıkamamıştır. Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin kökleri ile kaldırılan bakır miktarı üzerine etkisi ise istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökten kaldırılan en düşük bakır ( $44,69 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresi uygulamayan (T0), en yüksek bakır ise ( $88,76 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en yüksek bakır miktarı ( $48,79 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun birinci, tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd1xT0) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük bakır ise ( $14,62 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ikinci ve tavuk gübresinin uygulanmadığı (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek bakır miktarı ( $127,52 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun birinci, tavuk gübresinin ikinci dozundaki saksılardaki (Cd1xT2) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük bakır ise ( $17,23 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ikinci ve tavuk gübresinin uygulanmadığı (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir.

#### **4.3.11. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan çinko miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.81’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.82’de sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarında azalma gözlenmiş, yapraktan kaldırılan en düşük çinko ( $101,29 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek çinko ise ( $166,14 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı en düşük çinko ( $82,94 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek

çinko ise (159,25 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun ilk dozundan (Cd1) sağlanmıştır. Artan kadmiyum dozları ile bitkinin kök ve yaprak gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Çinko konsantrasyonunun demir'e benzer şekilde köklerde fazla olduğu görülmüş (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.10.), ancak demirde olduğu kadar aşırı olmaması nedeniyle kaldırılan çinko miktarı yapraklarla köklerde birbirine yakın bulunmuştur. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş yapmış olduğumuz çalışmada da kadmiyumun Zn alımını olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

**Çizelge 4.81.** Yaprak ve kök ile kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	743,212	247,737	0,342öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	27322,175	13661	18,865**	3,400	5,610
	A*B	6	9532,891	1588,815	2,194öd	2,510	3,670
	Hata	24	17379,661	724,153			
	Genel	35	54977,939	1570,798			
Kök	Faktör-A	3	39524,472	13174,824	4,918**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	40162,249	20081,125	7,496**	3,400	5,610
	A*B	6	53985,134	8997,522	3,359*	2,510	3,670
	Hata	24	64293,774	2678,907			
	Genel	35	197965,630	5656,161			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.82.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Zn (µg saksı <sup>-1</sup> )	Marul	Cd0	197,19	162,64	147,05	157,69	166,14 a
		Cd1	129,17	110,28	123,64	107,19	117,57 b
	Yaprak	Cd2	72,22	93,72	126,94	112,26	101,29 b
		<b>Ort</b>	<b>132,86</b>	<b>122,21</b>	<b>132,55</b>	<b>125,71</b>	
	A LSD	öd	B LSD<0,01	30,729	AxB LSD	öd	
Marul	Cd0	170,39 a	AB 105,37 b	B 194,58 a	A 116,29 a	AB 146,66 a	
	Cd1	79,83 b	B 240,55 a	A 225,48 a	A 91,12 a	B 159,25 a	
	Cd2	32,34 b	A 114,49 b	A 92,21 b	A 92,72 a	A 82,94 b	
<b>Ort</b>	<b>94,18 B</b>	<b>153,47 AB</b>	<b>170,76 A</b>	<b>100,04 B</b>			
A LSD<0,01	68,247	B LSD<0,01	59,104	AxB LSD<0,05	87,283		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yapraktan kaldırdığı çinko miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmazken, kökleri ile kaldırılan çinko miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökten kaldırılan en düşük çinko ( $94,18 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresi uygulayan (T0), en yüksek çinko ise ( $170,76 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökten kaldırılan en yüksek çinko miktarı ( $240,55 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ve tavuk gübresinin birinci dozundaki saksılardaki (Cd1xT1) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük çinko ise ( $32,34 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ikinci ve tavuk gübresinin uygulanmadığı (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.3.12. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan mangan miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.83'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.84'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.83.** Yaprak ve kök ile kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	46568,537	15522,846	2,802öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	351879,075	175939,538	31,764**	3,400	5,610
	A*B	6	116487,166	19414,528	3,505*	2,510	3,670
	Hata	24	132934,900	5538,954			
	Genel	35	647869,678	18510,562			
Kök	Faktör-A	3	7223008,261	2407669,420	4,738**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	4552112,098	2276056,049	4,479*	3,400	5,610
	A*B	6	10435878,305	1739313,051	3,423*	2,510	3,670
	Hata	24	12195511,743	508146,323			
	Genel	35	34406510,407	983043,154			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli $p < 0,05$ **: önemli $p < 0,01$					



**Çizelge 4.84.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi

Kaldırılan Mn ( $\mu\text{g saksı}^{-1}$ )	Bitki	Kadmiyum Dozları ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Tavuk Gübresi ( $\text{kg da}^{-1}$ )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Marul Yaprak	Cd0	630,77 a A	604,59 a A	601,18 a A	574,57 a A	602,78 a	
	Cd1	378,30 b A	478,92 b A	405,46 b A	386,89 b A	412,39 b	
	Cd2	217,73 c C	358,94 b B	514,36 ab A	420,85 b AB	377,97 b	
	<b>Ort</b>	<b>408,93</b>	<b>480,82</b>	<b>507,01</b>	<b>460,77</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	84,987	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	125,507	
	Cd0	1761,53 a A	704,79 b A	1712,78 ab A	635,93 a A	1203,76 ab	
	Cd1	611,74 ab B	2549,10 a A	2436,84 a A	239,63 a B	1459,33 a	
	Cd2	217,19 b A	1095,60 b A	588,95 b A	539,92 a A	610,41 b	
	<b>Ort</b>	<b>863,49 AB</b>	<b>1449,83 A</b>	<b>1579,52 A</b>	<b>471,82 B</b>		
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	939,944	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	601,060	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	1202,119	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde, kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi ise % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarında azalma gözlenmiş, yapraktan kaldırılan en düşük mangan ( $377,97 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek mangan ise ( $602,78 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun uygulanmadığı kontrol dozundan (Cd0) elde edilmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı en düşük mangan ( $610,41 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek mangan ise ( $1459,33 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ilk dozundan (Cd1) sağlanmıştır.

Artan kadmiyum dozları ile bitkinin kök ve yaprak gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, kadmiyumun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Ancak köklerde mangan konsantrasyonunun demir'e benzer şekilde fazla olduğu görülmüş (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.11.), bu durum kaldırılan mangan miktarının yapraklara oranla köklerde daha fazla çıkmasına neden olmuştur. Benavides ve ark. (2005) kadmiyumun K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni elementleri ile rekabet halinde olduğunu bildirmiş yapmış olduğumuz çalışmada da kadmiyumun Mn taşınımını olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yapraktan kaldırdığı mangan miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmazken, kökleri ile kaldırılan mangan miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökten kaldırılan en düşük mangan ( $471,82 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin en yüksek dozundan (T3), en yüksek mangan ise ( $1579,52 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en yüksek mangan miktarı ( $630,77 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd0xT0) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük mangan ise ( $217,73 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ikinci ve tavuk gübresinin uygulanmadığı (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek mangan miktarı ( $2549,10 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ve tavuk gübresinin birinci dozundaki saksılardaki (Cd1xT1) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük mangan ise ( $217,19 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ikinci ve tavuk gübresinin uygulanmadığı (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir.

#### **4.3.13. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bor miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.85'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.86'da sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken, kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi ise % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarında azalma gözlenmiş, toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı en düşük bor ( $86,22 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2), en yüksek bor ise ( $124,58 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ilk dozundan (Cd1)

sağlanmıştır. Bor konsantrasyonunun yapraklarla köklerde birbirine yakın olduğu tespit edilmiş (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.12.), ancak kök gelişiminin olumsuz yönde etkilenmesi nedeniyle bor elementinin kaldırılan miktarları köklere oranla yapraklarda daha fazla tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.85.** Yaprak ve kök ile kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	34655,628	11551,876	1,350öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	10463,629	5231,814	0,611öd	3,400	5,610
	A*B	6	132746,830	22124,472	2,585*	2,510	3,670
	Hata	24	205433,632	8559,735			
	Genel	35	383299,718	10951,421			
Kök	Faktör-A	3	22195,367	7398,456	6,324**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	9104,312	4552,156	3,891*	3,400	5,610
	A*B	6	12726,490	2121,082	1,813öd	2,510	3,670
	Hata	24	28078,502	1169,938			
	Genel	35	72104,671	2060,133			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.86.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan B (µg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	381,19 a A	359,88 a A	199,68 a B	134,43 a B	268,80
		Cd1	198,97 b A	276,86 a A	301,95 a A	232,47 a A	252,56
		Cd2	176,17 b A	255,68 a A	206,76 a A	270,82 a A	227,36
		<b>Ort</b>	<b>252,11</b>	<b>297,47</b>	<b>236,13</b>	<b>212,57</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	156,021
	Marul Kök	Cd0	107,62	96,02	130,05	111,37	111,27 ab
		Cd1	67,67	166,32	159,51	104,83	124,58 a
		Cd2	29,35	99,95	114,75	100,85	86,22 b
		<b>Ort</b>	<b>68,22 B</b>	<b>120,76 A</b>	<b>134,77 A</b>	<b>105,68 AB</b>	
		A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	45,101	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	28,841	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakta kaldırdığı bor miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmazken, kökleri ile kaldırılan bor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökten kaldırılan en düşük bor (68,22 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin

uygulanmadığı bitkilerden (T0), en yüksek bor ise (134,77 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T2 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur, köklerdeki etki ise önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek bor miktarı (381,19 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd0xT0) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük bor ise (176,17 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun ikinci ve tavuk gübresinin uygulanmadığı (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.3.14. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kurşun miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.87’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.88’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.87.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kurşun miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	316,646	105,549	1,445öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	20,186	10,093	0,138öd	3,400	5,610
	A*B	6	471,983	78,664	1,077öd	2,510	3,670
	Hata	24	1753,299	73,054			
	Genel	35	2562,113	73,203			
Kök	Faktör-A	3	338,182	112,727	2,178öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	148,175	74,088	1,432öd	3,400	5,610
	A*B	6	701,981	116,997	2,261öd	2,510	3,670
	Hata	24	1242,071	51,753			
	Genel	35	2430,409	69,440			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kurşun konsantrasyonunun demir ve bakır’a benzer şekilde köklerde fazla olduğu

görülmüş (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.13.), kaldırılan kurşun miktarı yapraklara oranla köklerde daha fazla bulunmuştur.

**Çizelge 4.88.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Pb (µg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	4,69	9,35	9,35	17,28	10,17
		Cd1	8,59	10,70	12,70	4,98	9,24
		Cd2	4,81	9,53	21,15	8,82	11,08
		<b>Ort</b>	<b>6,03</b>	<b>9,86</b>	<b>14,40</b>	<b>10,36</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Cd0	18,00	22,29	13,09	17,38	17,69
		Cd1	13,04	10,95	19,34	10,83	13,54
		Cd2	4,96	13,97	25,93	8,13	13,25
		<b>Ort</b>	<b>12,00</b>	<b>15,74</b>	<b>19,45</b>	<b>12,11</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı kurşun miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmazken, Tavuk gübresi dozları ile birlikte kaldırılan kurşun miktarlarında artış gözlemlenmiş ve değerlerin kontrole oranla yüksek oldukları görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.3.15. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan krom miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.89'da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.90'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.89.** Yaprak ve kök ile kaldırılan krom miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	1894,839	631,613	4,640*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	4124,687	2062,344	15,150**	3,400	5,610
	A*B	6	4303,259	717,210	5,269**	2,510	3,670
	Hata	24	3267,133	136,131			
	Genel	35	13589,918	388,283			
Kök	Faktör-A	3	1445563,603	481854,534	4,389*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	985318,225	492659,112	4,488*	3,400	5,610
	A*B	6	1964754,893	327459,149	2,983*	2,510	3,670
	Hata	24	2634679,427	109778,309			
	Genel	35	7030316,147	200866,176			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05    **: önemli p<0,01					

**Çizelge 4.90.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Cr (µg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	82,30 a A	38,98 a B	44,39 a B	41,78 a B	51,86 a
		Cd1	34,17 b AB	49,00 a A	29,92 a AB	16,66 a B	32,44 b
		Cd2	18,24 b A	36,72 a A	33,78 a A	18,86 a A	26,90 b
		<b>Ort</b>	<b>44,90 A</b>	<b>41,57 A</b>	<b>36,03 AB</b>	<b>25,76 B</b>	
		A LSD<0,01	11,360	B LSD<0,01	13,323	AxB LSD<0,01	26,647
	Marul Kök	Cd0	496,51 a A	286,45 b A	721,98 a A	247,32 a A	438,06 ab
		Cd1	164,12 a B	1226,23 a A	866,77 a A	40,29 a B	574,35 a
		Cd2	70,28 a A	308,74 b A	151,62 b A	172,18 a A	175,70 b
		<b>Ort</b>	<b>243,64 B</b>	<b>607,14 A</b>	<b>580,12 A</b>	<b>153,26 B</b>	
		A LSD<0,05	322,590	B LSD<0,05	279,371	AxB LSD<0,05	558,742

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumun, marul bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1, kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi ise % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kadmiyum dozları ile birlikte bitkinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarında azalma gözlenmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyumla, marul bitkisinin kaldırdığı en düşük krom miktarı yapraklarda (26,90 µg saksı<sup>-1</sup>) ve köklerde (175,70 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun en yüksek dozundan (Cd2) elde edilmiştir. En yüksek krom ise yapraklarda (51,86 µg saksı<sup>-1</sup>) ile kadmiyum uygulanmayan (Cd0), köklerde ise (574,35 µg saksı<sup>-1</sup>) kadmiyumun ilk dozundan (Cd1) sağlanmıştır. Krom konsantrasyonunun

demir, bakır ve kurşun'a benzer şekilde köklerde fazla olduğu görülmüş (Bkz. Ek 3, Çizelge Ek 3.14.), kaldırılan kurşun miktarı yapraklara oranla köklerde daha fazla bulunmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırılan krom miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en düşük krom ( $25,76 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin en yüksek dozundan (T3), en yüksek krom ise ( $44,90 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin uygulanmadığı T0 bitkilerden elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en düşük krom ( $153,26 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin en yüksek uygulama dozundan (T3), en yüksek krom ise ( $607,14 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) tavuk gübresinin T1 uygulamasından elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1, köklerdeki etki ise % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en yüksek krom miktarı ( $82,30 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd0xT0) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük krom ise ( $18,24 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ikinci ve tavuk gübresinin uygulanmadığı (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Köklerden kaldırılan en yüksek krom miktarı ( $1226,23 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ve tavuk gübresinin birinci dozundan (Cd1xT1), kaldırılan en düşük krom ise ( $70,28 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kadmiyumun ikinci ve tavuk gübresinin uygulanmadığı (Cd2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir.

#### **4.4. Tavuk Gübresinin Kurşun İçeren Toprakta Yetişen Marul Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi**

##### **4.4.1. Marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge

4.91’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.92’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.91.** Yaprak ve kök kuru madde varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	2,888	0,963	1,191öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2,156	1,078	1,334öd	3,400	5,610
	A*B	6	4,366	0,728	0,900öd	2,510	3,670
	Hata	24	19,400	0,808			
	Genel	35	28,810	0,823			
Kök	Faktör-A	3	5,325	1,775	2,054öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	18,522	9,261	10,718**	3,400	5,610
	A*B	6	12,208	2,035	2,355öd	2,510	3,670
	Hata	24	20,737	0,864			
	Genel	35	56,792	1,623			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.92.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kuru ağırlık verimi (g saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	11,13	10,86	10,26	10,57	10,70
		Pb1	10,43	10,79	9,94	10,81	10,49
	Pb2	10,62	10,68	10,91	12,13	11,08	
	<b>Ort</b>	<b>10,72</b>	<b>10,78</b>	<b>10,37</b>	<b>11,17</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Kök	Pb0	7,02	4,25	6,98	6,19	6,11 a	
	Pb1	4,64	4,20	4,27	4,95	4,51 b	
	Pb2	4,48	4,91	4,25	5,06	4,68 b	
	<b>Ort</b>	<b>5,38</b>	<b>4,45</b>	<b>5,17</b>	<b>5,40</b>		
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	1,061	AxB <sub>LSD</sub>	öd		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin yaprak kuru ağırlık verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmazken, kök kuru ağırlık verimi üzerine etki istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kurşun dozları ile birlikte bitkinin kök kuru ağırlık verimi olumsuz yönde etkilenmiş, en düşük kök kuru ağırlık verimi (4,51 g saksı<sup>-1</sup>) kurşunun birinci dozundan (Pb1) elde edilmiştir. Kurşun elementinin hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesini olumsuz etkilediği, stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltması nedeniyle bitki su rejiminin etkilendiği



bildirilmiştir (Sharma ve Dubey 2005). Kurşuna maruz kalan bitkilerin köklerinin uzamadığı ve biyokütlesinin de azaldığı (Fargasova A. 1994), bazı enzim aktivitelerinin tetiklenirken kimilerinin de engellendiği belirtilmiştir (Van Assche ve Clijsters 1990). Önceki çalışma sonuçlarına benzer şekilde, denememizde de kurşuna maruz kalan marul bitkilerinde yapraklara oranla köklerin biraz daha fazla etkilendiği görülmüştür.

Tavuk gübresi uygulamaları ile en yüksek yaprak kuru ağırlık verimi (11,17 g saksı<sup>-1</sup>) ve kök kuru ağırlık verimi (5,40 g saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin T3 uygulaması ile sağlanmasına rağmen etki istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kuru ağırlık verimi üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.4.2. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kurşun miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.93'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.94'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.93.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kurşun miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	88,443	29,814	0,899öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	3031,735	1515,868	45,733**	3,400	5,610
	A*B	6	144,963	24,160	0,729öd	2,510	3,670
	Hata	24	795,499	33,146			
	Genel	35	4061,640	116,047			
Kök	Faktör-A	3	1576,765	525,588	1,684öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	8893,439	4446,719	14,248**	3,400	5,610
	A*B	6	953,490	158,915	0,509öd	2,510	3,670
	Hata	24	7490,512	312,105			
	Genel	35	18914,205	540,406			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		** : önemli p<0,01			

**Çizelge 4.94.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Pb (µg saksı <sup>-1</sup> )	Marul	Pb0	8,35	5,47	6,84	2,64	5,83 b
		Pb1	20,44	27,49	20,79	23,40	23,03 a
	Yaprak	Pb2	27,97	30,03	22,68	27,15	26,96 a
		<b>Ort</b>	<b>18,92</b>	<b>20,99</b>	<b>16,77</b>	<b>17,73</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	6,574	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul	Pb0	37,07	42,78	49,33	48,87	44,51 b
		Pb1	58,85	59,00	53,06	67,85	59,69 b
	Kök	Pb2	63,71	83,97	84,28	99,02	82,74 a
		<b>Ort</b>	<b>53,21</b>	<b>61,92</b>	<b>62,22</b>	<b>71,91</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	20,174	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan ve köklerden kaldırılan kurşun miktarlarında kurşun dozlarına paralel olarak artış sağlanmıştır. Kaldırılan en düşük kurşun yapraklarda (5,83 µg saksı<sup>-1</sup>) ve köklerde (44,51 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşun uygulanmayan bitkilerden elde edilirken, en yüksek kurşun yapraklarda (26,96 µg saksı<sup>-1</sup>) ve köklerde (82,74 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun en yüksek dozundan (Pb2) sağlanmıştır.

Kurşunun bitkiler için gerekli bir element olmamasına rağmen, bütün bitkilerde doğal olarak bulunduğu rapor edilmiştir (Kabata-pendias ve Pendias 1984). Marulun yapraklı sebzeler arasında en iyi akümülatör bitkilerden biri olduğu ve bünyelerinde çoğunlukla kadmiyum başta olmak üzere nikel ve kobalt gibi ağır metalleri biriktirdiği bildirilmiştir. Sebzelerin farklı türlerinde tespit edilen ağır metal sıralamasının Pb>Zn>Cr>Cu>Cd şeklinde olduğu belirtilmiştir. Sanayi alanların çevresinde farklı sebze yetiştiriciliğinde ağır metalin girişini araştıran bir çalışmada Pakistan Faisalabadın sanayi alanların çevresinde ıspanak, marul, karnabahar, turp, kişniş ve lahananın yapraklarında kurşun konsantrasyonunun 2,251; 2,411; 1,331; 2,035; 2,652 ve 1,921 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirtilmiştir (Farooq ve ark. 2008). Dahmani ve ark. (2000), kök ve yaprak kurşun konsantrasyonları arasında oluşan büyük farkın, köklerden sürgün ve yeşil yapraklara doğru metallerin taşınmasında oluşan kısıtlamanın göstergesi olduğunu

bildirmiştir. Domates fidelerinde kurşun uygulamaları ile domates fidesinin yaprak, sürgün ve köklerindeki kurşun konsantrasyonunun arttığı belirtilmiştir (Akıncı ve Çalışkan 2010). Denememizden elde edilen sonuçlara göre de kurşunun köklerde biriktiği, kurşun konsantrasyonunun yapraklara oranla köklerde daha fazla bulunduğu görülmüştür (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.1.). Kurşun konsantrasyonunun köklerde daha fazla bulunması yanı sıra, kök kuru ağırlığının çok fazla etkilenmemesi sonucunda kurşun miktarının yapraklara oranla köklerde daha fazla çıkmasına neden olmuştur. Denememizden elde edilen bulguların daha önce yapılmış olan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı kurşun miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmazken, Tavuk gübresi dozları ile birlikte köklerden kaldırılan kurşun miktarlarında artış gözlenmiş ve değerlerin kontrole oranla yüksek oldukları görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırdığı kurşun miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### **4.4.3. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan azot miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.95'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.96'da sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin yaprakları ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kurşun dozları ile birlikte bitkinin yaprakları ile kaldırdığı azot miktarında artış gözlenmiş, yapraklardan kaldırılan en yüksek azot ( $253,17 \text{ mg saksı}^{-1}$ ) kurşunun en yüksek dozundan ( $\text{Pb}_2$ ) elde edilmiştir.

**Çizelge 4.95.** Yaprak ve kök ile kaldırılan azot miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	1088,104	362,701	2,688öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	1488,149	744,075	5,473*	3,400	5,610
	A*B	6	2312,871	385,429	2,835*	2,510	3,670
	Hata	24	3262,832	135,951			
	Genel	35	8151,958	232,913			
Kök	Faktör-A	3	512,354	170,785	1,730öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	120,208	60,104	0,609öd	3,400	5,610
	A*B	6	612,671	102,112	1,034öd	2,510	3,670
	Hata	24	2369,529	98,730			
	Genel	35	3614,762	103,279			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.96.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı azot miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan N (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	238,55 b B	260,63 a A	227,61 b B	223,75 b B	237,64 b
		Pb1	254,48 ab A	243,29 a A	247,48 a A	245,30 a A	247,64 a
	Pb2	264,60 a A	245,89 a A	255,94 a A	246,25 a A	253,17 a	
	<b>Ort</b>	<b>252,54</b>	<b>249,94</b>	<b>243,68</b>	<b>238,43</b>		
	A LSD	öd	B LSD<0,05		9,831	AxB LSD<0,05	19,663
Marul Kök	Pb0	42,44	38,15	52,59	49,55	45,68	
	Pb1	48,97	39,82	38,68	55,14	45,65	
	Pb2	44,47	36,37	46,43	39,90	41,79	
	<b>Ort</b>	<b>45,29</b>	<b>38,12</b>	<b>45,90</b>	<b>48,20</b>		
A LSD	B LSD<0,01		AxB LSD<0,05				

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Yaprakların azot içeriği köklere oranla daha fazla bulunmuş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.2.), yaprak kuru ağırlığının fazla olmasının da etkisi ile yapraklardan kaldırılan azot miktarlarının köke oranla fazla olduğu belirlenmiştir. Kurşunun *Phaseolus vulgaris* L.'nin kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine etkilerinin belirlendiği çalışmada; ağır metale en duyarlı kısmın kökler olduğu bunu da sırasıyla gövde ve yaprakların takip ettiği bildirilmiştir (Ayaz ve Kadioğlu 1997). Diğer bir çalışmada kurşun uygulanan *Hordeum vulgare* ve *Zea mays* bitkilerinin kök/gövde oranlarının kontrol bitkilerine göre azaldığı bildirilmiştir (Wierzbicka 1998). Denememizde de kurşun uygulamaları

ile bitkinin köklerinin daha fazla etkilendiği buna paralel olarak kaldırılan azotun üst kısma taşınarak orada birikim yaptığı görülmüştür.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı azot miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan azot miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki köklerde önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en yüksek azot miktarı (264,60 mg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ikinci dozu ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Pb2xT0) marul bitkilerinden elde edilmiştir. Yapraklardan kaldırılan en düşük azot ise (223,75 mg saksı<sup>-1</sup>) kurşun uygulanmayan ve tavuk gübresinin en yüksek dozunun uygulandığı saksılardaki (Pb0xT3) marul bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.4.4. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan fosfor miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.97’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.98’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.97.** Yaprak ve kök ile kaldırılan fosfor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	18,113	6,038	0,679öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	9,811	4,905	0,552öd	3,400	5,610
	A*B	6	70,235	11,706	1,317öd	2,510	3,670
	Hata	24	213,323	8,888			
	Genel	35	311,482	8,899			
Kök	Faktör-A	3	34,427	11,476	1,590öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	68,640	34,320	4,754*	3,400	5,610
	A*B	6	50,554	8,426	1,167öd	2,510	3,670
	Hata	24	173,255	7,219			
	Genel	35	326,877	9,339			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05    **: önemli p<0,01					

**Çizelge 4.98.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan P (mg saksı <sup>-1</sup> )	Pb0	55,57	55,28	52,33	50,82	53,50
	Marul Pb1	51,81	53,26	52,86	52,81	52,69
	Yaprak Pb2	51,91	55,05	52,61	56,22	53,95
	<b>Ort</b>	<b>53,10</b>	<b>54,53</b>	<b>52,60</b>	<b>53,28</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
	Pb0	22,61	17,32	21,38	21,18	20,62 a
	Marul Pb1	20,13	15,86	16,48	18,30	17,69 b
	Kök Pb2	16,69	18,29	17,83	17,97	17,70 b
	<b>Ort</b>	<b>19,81</b>	<b>17,16</b>	<b>18,56</b>	<b>19,15</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	3,068	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kurşun dozları ile birlikte bitkinin kökleri ile kaldırdığı fosfor miktarında azalma gözlenmiş, kökten kaldırılan en yüksek fosfor (20,62 mg saksı<sup>-1</sup>) kurşun uygulanmayan bitkilerden (Pb0) elde edilmiştir. Yaprakların fosfor içeriği köklere oranla biraz daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.3.), kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan miktarların da köke oranla yapraklarda fazla olmasını sağlamıştır.

Kurşunun fasulye bitkisinin kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine etkilerinin belirlendiği çalışmada; ağır metale en duyarlı kısmın kökler olduğu, bunu da sırasıyla gövde ve yaprakların takip ettiği bildirilmiştir (Ayaz ve Kadioğlu 1997). Diğer bir çalışmada kurşun uygulanan *Hordeum vulgare* ve *Zea mays* bitkilerinin kök/gövde oranlarının kontrol bitkilerine göre azaldığı bildirilmiştir (Wierzbicka 1998). Denememizde de kurşun uygulamaları ile bitkinin köklerinin daha fazla etkilendiği buna paralel olarak kaldırılan fosforun üst kısma taşınarak orada birikim yaptığı görülmüştür. Kurşun uygulamasının Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Zn, Cu ve Mn gibi elementlerin miktarında azalmalara yol açarak besin elementi noksanlığına neden olduğu ifade edilmiştir (Akıncı ve Çalışkan 2010).

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı fosfor miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırılan fosfor miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.4.5. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan potasyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.99’da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.100’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.99.** Yaprak ve kök ile kaldırılan potasyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	1069,886	356,629	0,152öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	5923,830	2961,915	1,261öd	3,400	5,610
	A*B	6	14564,357	2427,393	1,033öd	2,510	3,670
	Hata	24	56393,279	2349,720			
	Genel	35	77951,353	2227,182			
Kök	Faktör-A	3	556,476	185,492	0,386öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	561,894	280,947	0,584öd	3,400	5,610
	A*B	6	1106,022	184,337	0,383öd	2,510	3,670
	Hata	24	11538,668	480,778			
	Genel	35	13763,061	393,230			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yaprakların potasyum içeriği köklere oranla daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.4.), kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, köke oranla kaldırılan potasyumun miktarlarının yapraklarda da fazla olmasını sağlamıştır.

**Çizelge 4.100.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı potasyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan K (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	642,57	632,13	563,56	590,37	607,16
		Pb1	599,50	593,14	621,35	617,08	607,77
	Pb2	614,56	639,55	637,11	647,46	634,67	
	<b>Ort</b>	<b>618,88</b>	<b>621,61</b>	<b>607,34</b>	<b>618,30</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Pb0	130,07	114,33	122,13	133,71	125,06
		Pb1	125,26	111,03	111,80	119,05	116,79
	Pb2	108,11	113,47	127,22	117,50	116,57	
	<b>Ort</b>	<b>121,15</b>	<b>112,94</b>	<b>120,38</b>	<b>123,42</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı potasyum miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırılan potasyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.4.6. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kalsiyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.101’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.102’de sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kurşun dozları ile birlikte bitkinin kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarında kontrole oranla azalma gözlenmiş, kökten kaldırılan en yüksek kalsiyum (33,24 mg saksı<sup>-1</sup>) kurşun uygulanmayan bitkilerden (Pb0) elde edilmiştir. Yaprakların kalsiyum içeriği köklere oranla daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.5.), kuru



ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan kalsiyum miktarlarının köke oranla yapraklarda da fazla çıkmasına neden olmuştur. Kurşun uygulaması ile Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Zn, Cu ve Mn gibi elementlerin miktarında azalmalara yol açarak besin elementi noksanlığına neden olduğu belirtilmiştir (Akıncı ve Çalışkan 2010). Denememizden elde edilen verilere göre kurşun miktarlarındaki artış ve kök gelişiminde meydana gelen azalmaya bağlı olarak köklerden kaldırılan Ca miktarında da azalmalar görülmüştür.

**Çizelge 4.101.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kalsiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	86,888	28,963	0,393öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	231,913	115,957	1,573öd	3,400	5,610
	A*B	6	322,087	53,681	0,728öd	2,510	3,670
	Hata	24	1768,986	73,708			
	Genel	35	2409,874	68,854			
Kök	Faktör-A	3	700,207	233,402	2,150öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	924,734	462,367	4,259*	3,400	5,610
	A*B	6	776,912	129,485	1,193öd	2,510	3,670
	Hata	24	2605,528	108,564			
	Genel	35	5007,381	143,068			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.102.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kalsiyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Ca (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul	Pb0	86,91	92,20	92,58	80,68	88,09
		Pb1	85,37	77,24	83,49	82,05	82,04
	Yaprak	Pb2	81,64	84,19	84,71	84,88	83,85
		<b>Ort</b>	<b>84,64</b>	<b>84,55</b>	<b>86,92</b>	<b>82,54</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Kaldırılan Ca (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul	Pb0	36,74	19,77	43,83	32,62	33,24 a
		Pb1	21,50	16,72	16,55	29,07	20,96 b
	Kök	Pb2	20,15	22,29	27,99	31,64	25,52 ab
		<b>Ort</b>	<b>26,13</b>	<b>19,59</b>	<b>29,46</b>	<b>31,11</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	8,785	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı kalsiyum miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırılan kalsiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.4.7. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan magnezyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.103'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.104'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.103.** Yaprak ve kök ile kaldırılan magnezyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	4,114	1,371	0,320öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	12,310	6,155	1,437öd	3,400	5,610
	A*B	6	41,788	6,965	1,626öd	2,510	3,670
	Hata	24	102,811	4,284			
	Genel	35	161,024	4,601			
Kök	Faktör-A	3	803,280	267,760	2,360öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	1893,421	946,711	8,345**	3,400	5,610
	A*B	6	1628,798	271,466	2,393öd	2,510	3,670
	Hata	24	2722,847	113,452			
	Genel	35	7048,347	201,381			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kurşun dozları ile birlikte bitkinin kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarında kontrole oranla azalma gözlenmiş, kökten kaldırılan en yüksek magnezyum (38,82 mg saksı<sup>-1</sup>) kurşun uygulanmayan bitkilerden (Pb0) elde edilmiştir. Denememizde kurşuna maruz kalan marul bitkilerinde magnezyum içeriği diğer makro elementlerden farklı olarak köklerde daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.6.), yaprak kuru ağırlıklarının daha fazla olması nedeniyle kaldırılan magnezyum miktarları kök ve yapraklarda birbirine yakın bulunmuştur. Akıncı ve Çalışkan (2010),

yaptığı çalışmada kurşun uygulamasının Mg elementi miktarında azalmalara yol açtığını belirtmiştir.

**Çizelge 4.104.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı magnezyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Mg (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	30,49	29,79	29,55	26,72	29,14
		Pb1	28,88	26,43	27,70	29,86	28,22
	Pb2	29,12	29,62	30,03	29,73	29,63	
	<b>Ort</b>	<b>29,50</b>	<b>28,62</b>	<b>29,09</b>	<b>28,77</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Marul Kök	Pb0	50,18	18,12	50,36	36,62	38,82 a	
	Pb1	21,34	16,47	19,99	28,81	21,66 b	
	Pb2	23,76	27,65	23,28	30,43	26,28 b	
	<b>Ort</b>	<b>31,76</b>	<b>20,75</b>	<b>31,21</b>	<b>31,95</b>		
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	12,163	AxB <sub>LSD</sub>	öd		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı magnezyum miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırılan magnezyum miktarı üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.4.8. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan sodyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.105’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.106’de sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı sodyum miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Sodyum içeriği yaprak ve köklerde birbirine yakın bulunmuş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.7.), ancak kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, köke oranla kaldırılan sodyum miktarlarının yapraklarda fazla bulunmasına neden olmuştur. Kurşun uygulamasının Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Zn, Cu ve Mn gibi elementlerin miktarında azalmalara yol açarak besin elementi noksanlığına neden olduğu ifade edilmiştir (Akıncı ve Çalışkan 2010).

**Çizelge 4.105.** Yaprak ve kök ile kaldırılan sodyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	32,897	10,966	1,261öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	14,440	7,220	0,830öd	3,400	5,610
	A*B	6	29,224	4,871	0,560öd	2,510	3,670
	Hata	24	208,778	8,699			
	Genel	35	285,338	8,153			
Kök	Faktör-A	3	6,865	2,288	0,818öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	4,370	2,185	0,781öd	3,400	5,610
	A*B	6	13,810	2,302	0,823öd	2,510	3,670
	Hata	24	67,147	2,798			
	Genel	35	92,191	2,634			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		** : önemli p<0,01			

**Çizelge 4.106.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Na (mg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	31,70	27,96	29,66	30,52	29,96
		Pb1	30,18	30,01	30,71	31,61	30,63
	Pb2	29,75	30,00	32,43	33,85	31,51	
	<b>Ort</b>	<b>30,54</b>	<b>29,32</b>	<b>30,93</b>	<b>32,00</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Kök	Pb0	11,99	9,70	10,72	10,86	10,81	
	Pb1	11,27	9,70	8,90	10,01	9,97	
	Pb2	9,88	10,11	11,27	9,86	10,28	
	<b>Ort</b>	<b>11,05</b>	<b>9,84</b>	<b>10,29</b>	<b>10,24</b>		
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı sodyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırılan sodyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.4.9. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan demir miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.107’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.108’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.107.** Yaprak ve kök ile kaldırılan demir miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	13404034,687	4468011,562	13,524**	3,010	4,720
	Faktör-B	2	4419061,612	2209530,806	6,688**	3,400	5,610
	A*B	6	8155434,141	1359239,024	4,114**	2,510	3,670
	Hata	24	7929056,022	330377,334			
	Genel	35	33907586,462	968788,185			
Kök	Faktör-A	3	2219958681,719	739986227,240	1,915öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	7595524582,511	3797762291,25	9,828**	3,400	5,610
	A*B	6	7454805036,453	1242467506,07	3,215*	2,510	3,670
	Hata	24	9273927686,612	386413653,609			
	Genel	35	26544215987,295	758406171,066			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kurşun dozları ile birlikte bitkinin yapraktan kaldırdığı demir miktarında artış, kökleri ile kaldırdığı demir miktarında ise azalma gözlenmiştir. Yapraktan kaldırılan en düşük demir (1751,84 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun uygulanmadığı kontrol dozundan (Pb0), en yüksek demir ise (2598,68 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun en yüksek dozundan (Pb2) elde edilmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı en düşük demir (41495,6 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun en yüksek dozundan (Pb2), en yüksek demir ise (66457,5 µg g saksı<sup>-1</sup>) kurşunun uygulanmadığı bitki köklerinden elde edilmiştir. Artan kurşun dozları ile bitkinin kök ve yaprak

gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, kurşunun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Demirin köklerde diğer elementlere oranla çok fazla birikim yaptığı görülmüştür (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.8.). Bu durum, kaldırılan demir miktarının yapraklara oranla köklerde daha fazla çıkmasına neden olmuştur. Kurşun uygulamasının Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Zn, Cu ve Mn gibi elementlerin miktarında azalmalara yol açarak besin elementi noksanlığına neden olduğu ifade edilmiştir (Akıncı ve Çalışkan 2010).

**Çizelge 4.108.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı demir miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan Fe (µg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	1017,42 a B	1344,28 b B	2859,51 a A	1786,13 b AB	1751,84 b
		Pb1	1275,07 a B	1879,55 ab AB	1959,84 a AB	3104,54 a A	2054,75 ab
	Pb2	1315,64 a C	3096,16 a AB	2184,93 a BC	3798,00 a A	2598,68 a	
	<b>Ort</b>	<b>1202,71 C</b>	<b>2106,66 B</b>	<b>2334,76 AB</b>	<b>2896,22 A</b>		
A <sub>LSD&lt;0,01</sub>		757,901	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	656,362	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	1312,723	
Marul Kök	Pb0	93659,3 a A	26541,2 a C	86281,2 a AB	59348,3 a BC	66457,5 a	
	Pb1	32428,5 b A	25702,6 a A	33152,5 b A	36793,8 a A	32019,3 b	
	Pb2	42923,2 b A	51043,1 a A	25270,7 b A	46745,5 a A	41495,6 b	
	<b>Ort</b>	<b>56337,0</b>	<b>34429,0</b>	<b>48234,8</b>	<b>47629,2</b>		
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	22447,307	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	33149,678		

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan demir miktarına etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökleri ile kaldırılan demir miktarı üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Yapraktan kaldırılan en düşük demir (1202,71 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin uygulanmadığı bitkilerde (T0), en yüksek demir ise (2896,22 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin en yüksek dozundan (T3) elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ile kaldırılan demir miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak % 1, kökleri ile kaldırılan demir miktarı üzerine etkisi ise % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en yüksek demir miktarı (3798,0 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ve tavuk gübresinin en yüksek dozundaki saksılardaki (Cd2xT3) marul bitkilerinden, kaldırılan

en düşük demir ise (1017,42 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ve tavuk gübresinin uygulanmadığı kontrol (Cd0xT0) bitkilerinden elde edilmiştir. Kökten kaldırılan en yüksek demir miktarı (93659,3 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd0xT0) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük demir ise (25270,2 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ve tavuk gübresinin ikinci dozundaki (Cd2xT2) marul bitkilerinden elde edilmiştir.

#### 4.4.10. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bakır miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.109’da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.110’da sunulmuştur.

**Çizelge 4.109.** Yaprak ve kök ile kaldırılan bakır miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	323,908	107,969	0,678öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	278,901	139,451	0,875öd	3,400	5,610
	A*B	6	406,017	67,670	0,425öd	2,510	3,670
	Hata	24	3823,909	159,330			
	Genel	35	4832,735	138,078			
Kök	Faktör-A	3	3823,969	1274,656	3,669*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	6926,786	3463,393	9,970**	3,400	5,610
	A*B	6	5906,761	984,460	2,834*	2,510	3,670
	Hata	24	8337,542	347,398			
	Genel	35	24995,058	714,145			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin yapraktan kaldırdığı bakır miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmazken, etki köklerde % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Köklerden kaldırılan en yüksek bakır (93,17 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşun uygulanmayan bitkilerde (Pb0), en düşük bakır ise (60,39 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ilk dozundan (Pb1) elde edilmiştir. Demirde olduğu gibi, köklerin bakır içeriği yapraklara oranla daha fazla bulunmuş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.9.), bu durum kaldırılan demir miktarlarının yapraklara oranla köklerde fazla olmasını sağlamıştır. Kurşun

uygulamasının Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Zn, Cu ve Mn gibi elementlerin miktarında azalmalara yol açarak besin elementi noksanlığına neden olduğu ifade edilmiştir (Akıncı ve Çalışkan 2010).

**Çizelge 4.110.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bakır miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama					
		T0	T1	T2	T3						
Kaldırılan Cu (µg saksı <sup>-1</sup> )	Pb0	44,28	35,18	43,36	38,69	40,38					
	Marul	Pb1	46,42	45,86	41,07	45,86	44,80				
	Yaprak	Pb2	53,34	43,44	38,20	53,35	47,08				
	<b>Ort</b>	<b>48,01</b>	<b>41,49</b>	<b>40,88</b>	<b>45,97</b>						
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd					
Kök	Pb0	126,08 a	A	53,82 a	C	108,90 a	AB	83,88 a	BC	93,17 a	
	Marul	Pb1	67,88 b	A	50,62 a	A	59,57 b	A	63,47 a	A	60,39 b
	Kök	Pb2	71,25 b	A	73,90 a	A	59,91 b	A	71,17 a	A	69,06 b
	<b>Ort</b>	<b>88,40</b>	<b>A</b>	<b>59,45</b>	<b>B</b>	<b>76,13</b>	<b>AB</b>	<b>72,84</b>	<b>AB</b>		
A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	18,147	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	21,284	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	31,432						

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin kökleri ile kaldırılan bakır miktarına etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki yapraklarda istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Kökten kaldırılan en düşük bakır (59,45 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin birinci dozundan (T1), en yüksek bakır ise (88,40 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin uygulanmadığı (T0) bitkilerden elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yapraktan kaldırdığı bakır miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamış, etki köklerde % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökten kaldırılan en yüksek bakır miktarı (126,08 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd0xT0) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük bakır ise (50,62 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ve tavuk gübresinin birinci dozundaki (Cd1xT1) marul bitkilerinden elde edilmiştir.



#### 4.4.11. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan çinko miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.111’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.112’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.111.** Yaprak ve kök ile kaldırılan çinko miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	788,714	262,905	0,688öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2000,150	1000,075	2,617öd	3,400	5,610
	A*B	6	1899,781	316,630	0,828öd	2,510	3,670
	Hata	24	9172,831	382,201			
	Genel	35	13861,476	396,042			
Kök	Faktör-A	3	7622,502	2540,834	1,923öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	30536,544	15268,272	11,553**	3,400	5,610
	A*B	6	17922,323	2987,054	2,260öd	2,510	3,670
	Hata	24	31718,566	1321,607			
	Genel	35	87799,935	2508,570			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		**: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.112.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı çinko miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Zn (mg saksı <sup>-1</sup> )	Pb0	150,00	137,84	165,25	154,67	151,94
	Pb1	144,41	159,65	140,73	161,50	151,57
	Pb2	162,89	167,60	161,41	178,35	167,57
	<b>Ort</b>	<b>152,43</b>	<b>155,03</b>	<b>155,80</b>	<b>164,84</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
Marul Yaprak	Pb0	253,40	140,78	218,25	179,84	198,07 a
	Pb1	139,16	113,18	128,24	141,95	130,63 b
	Pb2	147,38	163,65	121,14	144,56	144,18 b
	<b>Ort</b>	<b>179,98</b>	<b>139,20</b>	<b>155,88</b>	<b>155,45</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	41,513	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin yapraktan kaldırdığı çinko miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmazken, etki köklerde % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Köklerden kaldırılan en yüksek çinko (198,07 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşun

uygulanmayan bitkilerde (Pb0), en düşük çinko ise (130,63 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ilk dozundan (Pb1) elde edilmiştir. Köklerin çinko içeriği yapraklara oranla daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.10.), ancak kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan miktarların kök ve yapraklarda birbirine yakın çıkmasına neden olmuştur. Kurşun uygulamasının Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Zn, Cu ve Mn gibi elementlerin miktarında azalmalara yol açarak besin elementi noksanlığına neden olduğu ifade edilmiştir (Akıncı ve Çalışkan 2010).

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin, marul bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı çinko miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı çinko miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### **4.4.12. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan mangan miktarı**

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.113'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.114'te sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin yapraktan kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak %5, kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi ise %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en düşük mangan (599,59 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ilk dozundan (Pb1), en yüksek mangan ise (677,41 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun en yüksek dozundan (Pb2) elde edilmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı en düşük mangan (884,25 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ilk dozundan (Pb1), en yüksek mangan ise (1840,12 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun uygulanmadığı (Pb0) bitki köklerinden elde edilmiştir. Artan kurşun dozları ile bitkinin kök ve yaprak gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, kurşunun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Ancak

manganın köklerde diğer elementlere oranla çok fazla birikim yaptığı görülmüş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.11.), bu durum kaldırılan mangan miktarının yapraklara oranla köklerde daha fazla çıkmasına neden olmuştur. Kurşun uygulamasının Ca, Mg, K, P, Na, Fe, Zn, Cu ve Mn gibi elementlerin miktarında azalmalara yol açarak besin elementi noksanlığına neden olduğu ifade edilmiştir (Akıncı ve Çalışkan 2010).

**Çizelge 4.113.** Yaprak ve kök ile kaldırılan mangan miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	10717,445	3572,482	0,890öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	36407,642	18203,821	4,534*	3,400	5,610
	A*B	6	24921,781	4153,63	1,035öd	2,510	3,670
	Hata	24	96351,022	4014,626			
	Genel	35	168397,889	4811,368			
Kök	Faktör-A	3	2377628,920	792542,973	2,117öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	5587365,053	2793682,526	7,461**	3,400	5,610
	A*B	6	4616125,220	769354,203	2,055öd	2,510	3,670
	Hata	24	8986276,104	374428,171			
	Genel	35	21567395,296	616211,294			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

**Çizelge 4.114.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı mangan miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Mn (µg saksı <sup>-1</sup> )	Pb0	629,90	621,33	691,41	599,69	635,58 ab
	Pb1	583,28	576,55	594,14	644,38	599,59 b
	Pb2	622,51	697,58	680,92	708,62	677,41 a
	<b>Ort</b>	<b>611,90</b>	<b>631,82</b>	<b>655,49</b>	<b>650,90</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	53,425	AxB <sub>LSD</sub>	öd
Marul	Pb0	2670,78	731,14	2376,76	1581,79	1840,12 a
	Pb1	886,77	719,45	966,29	964,48	884,25 b
	Pb2	1160,07	1310,17	1212,51	1307,25	1247,50 ab
	<b>Ort</b>	<b>1572,54</b>	<b>920,25</b>	<b>1518,52</b>	<b>1284,50</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	698,751	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düzey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin, marul bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı mangan miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı mangan miktarına etkisi de istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.4.13. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan bor miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.115'te, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.116'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.115.** Yaprak ve kök ile kaldırılan bor miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	20286,098	6762,033	0,912öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	3604,016	1802,008	0,243öd	3,400	5,610
	A*B	6	62481,440	10413,573	1,405öd	2,510	3,670
	Hata	24	177932,011	7413,834			
	Genel	35	264303,564	7551,530			
Kök	Faktör-A	3	12804,244	4268,081	3,070*	3,010	4,720
	Faktör-B	2	26661,430	13330,715	9,590**	3,400	5,610
	A*B	6	16704,314	2784,052	2,003öd	2,510	3,670
	Hata	24	33361,447	1390,060			
	Genel	35	89531,435	2558,041			
Faktör-A: Tavuk gübresi		öd: önemli değil					
Faktör-B: Kadmiyum Dozları		*: önemli p<0,05		***: önemli p<0,01			

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin yapraktan kaldırdığı bor miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken, köklerden kaldırdığı bor miktarına etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli çıkmıştır. Köklerden kaldırılan en yüksek bor ( $194,52 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kurşun uygulanmayan bitkilerde (Pb0), en düşük bor ise ( $129,32 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kurşunun ilk dozundan (Pb1) elde edilmiştir. Bor içeriği yaprak ve köklerde birbirine yakın bulunmuş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.12.), ancak kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, köke oranla kaldırılan bor miktarlarının yapraklarda fazla bulunmasına neden olmuştur.

**Çizelge 4.116.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı bor miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Kaldırılan B (µg saksı <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	414,75	407,37	365,55	370,54	389,55
		Pb1	419,92	379,73	306,29	512,11	404,51
	Pb2	378,61	390,52	450,98	435,26	413,84	
	<b>Ort</b>	<b>404,43</b>	<b>392,54</b>	<b>374,27</b>	<b>439,30</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Pb0	267,17	156,46	206,48	147,95	194,52 a
		Pb1	140,83	128,25	126,13	122,08	129,32 b
	Pb2	149,07	130,15	161,20	159,07	149,87 b	
	<b>Ort</b>	<b>185,69 A</b>	<b>138,29 B</b>	<b>164,60 AB</b>	<b>143,03 B</b>		
	A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	36,300	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	42,575	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin kökleri ile kaldırılan bor miktarına etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmasına rağmen etki yapraklarda istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Kökten kaldırılan en düşük bor (138,29 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin birinci dozundan (T1), en yüksek bakır ise (185,69 µg saksı<sup>-1</sup>) tavuk gübresinin uygulanmadığı (T0) bitkilerden elde edilmiştir.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı bor miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

#### 4.4.14. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan kadmiyum miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.117’de, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.118’de sunulmuştur.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Köklerin kadmiyum içeriği yapraklara oranla daha yüksek bulunmuş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek

4.13.), ancak kuru ağırlığın yapraklarda fazla olması, kaldırılan miktarların köke oranla yapraklarda yüksek bulunmasına neden olmuştur.

**Çizelge 4.117.** Yaprak ve kök ile kaldırılan kadmiyum miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri	
						%5	%1
Yaprak	Faktör-A	3	4,513	1,504	0,664öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	0,700	0,350	0,155öd	3,400	5,610
	A*B	6	9,583	1,597	0,705öd	2,510	3,670
	Hata	24	54,350	2,265			
	Genel	35	69,146	1,976			
Kök	Faktör-A	3	2,995	0,998	0,711öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	4,656	2,328	1,658öd	3,400	5,610
	A*B	6	6,004	1,001	0,713öd	2,510	3,670
	Hata	24	33,700	1,404			
	Genel	35	47,355	1,353			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

**Çizelge 4.118.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı kadmiyum miktarı üzerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Cd (µg saksı <sup>-1</sup> )	Marul	Pb0	5,57	5,43	5,98	6,22	5,80
		Pb1	5,22	7,15	5,88	6,31	6,14
	Yaprak	Pb2	6,24	7,15	5,46	5,20	6,01
		<b>Ort</b>	<b>5,67</b>	<b>6,58</b>	<b>5,77</b>	<b>5,91</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
	Marul	Pb0	2,94	4,50	3,88	4,65	3,99
		Pb1	4,90	4,77	4,68	5,15	4,87
	Kök	Pb2	4,05	4,06	5,31	4,34	4,44
		<b>Ort</b>	<b>3,96</b>	<b>4,44</b>	<b>4,62</b>	<b>4,71</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı kadmiyum miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprakları ve kökleri ile kaldırılan kadmiyum miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

#### 4.4.15. Marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile topraktan kaldırılan krom miktarı

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.119’da, verilere ait ortalamalar ve LSD testine göre gruplandırmaları ise Çizelge 4.120’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.119.** Yaprak ve kök ile kaldırılan krom miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değeri	Tablo değeri		
					%5	%1	
Yaprak	Faktör-A	3	1932,471	644,157	2,792öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	2228,084	1114,042	4,828*	3,400	5,610
	A*B	6	2424,807	404,134	1,751öd	2,510	3,670
	Hata	24	5537,984	230,749			
	Genel	35	12123,345	346,381			
Kök	Faktör-A	3	141569,115	47189,705	1,178öd	3,010	4,720
	Faktör-B	2	403512,831	201756,416	5,034*	3,400	5,610
	A*B	6	733557,442	122259,574	3,051*	2,510	3,670
	Hata	24	961807,532	40075,314			
	Genel	35	2240446,919	64012,769			

Faktör-A: Tavuk gübresi      öd: önemli değil  
Faktör-B: Kadmiyum Dozları      \*: önemli p<0,05      \*\*: önemli p<0,01

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin yapraktan ve köklerden kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapraktan kaldırılan en düşük krom ( $28,72 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kurşunun ilk dozundan (Pb1), en yüksek krom ise ( $47,60 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kurşunun en yüksek dozundan (Pb2) elde edilmiştir. Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşunun, marul bitkisinin kökleri ile kaldırdığı en düşük krom ( $362,36 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kurşunun ilk dozundan (Pb1), en yüksek krom ise ( $602,20 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) kurşunun uygulanmadığı (Pb0) bitki köklerinden elde edilmiştir. Artan kurşun dozları ile bitkinin kök ve yaprak gelişimi olumsuz yönde etkilenmiş, kurşunun köklerde birikimi kök gelişimini yapraklara oranla daha fazla etkilemiştir. Kromun köklerde çok fazla birikim yaptığı görülmüş (Bkz. Ek 4, Çizelge Ek 4.14.), bu durum kaldırılan krom miktarının yapraklara oranla köklerde daha fazla çıkmasına neden olmuştur.

**Çizelge 4.120.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kökleri ile kaldırdığı krom miktarı üzerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Kaldırılan Cr (µg saksı <sup>-1</sup> )	Pb0	20,60	32,37	58,22	28,05	34,81 ab
	Marul Pb1	28,17	21,03	27,85	37,83	28,72 b
	Yaprak Pb2	29,91	50,36	48,93	61,20	47,60 a
	<b>Ort</b>	<b>26,22</b>	<b>34,59</b>	<b>45,00</b>	<b>42,36</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	12,808	AxB <sub>LSD</sub>	öd
	Pb0	817,04 a	A 210,90 b	B 752,56 a	A 628,29 a	A 602,20 a
	Marul Pb1	402,26 b	A 339,70 ab	A 260,22 b	A 447,26 a	A 362,36 b
	Kök Pb2	360,89 b	A 555,97 a	A 248,08 b	A 422,44 a	A 396,85 b
	<b>Ort</b>	<b>526,73</b>	<b>368,86</b>	<b>420,29</b>	<b>499,33</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	168,796	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	337,592

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düzey karşılaştırmayı ifade etmektedir

Toprağa artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı krom miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve köklerden kaldırdığı krom miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamış, etki köklerde % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kökten kaldırılan en yüksek krom miktarı (817,04 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun ve tavuk gübresinin uygulanmadığı saksılardaki (Cd0xT0) marul bitkilerinden, kaldırılan en düşük krom ise (210,90 µg saksı<sup>-1</sup>) kurşunun uygulanmadığı, tavuk gübresinin birinci dozundaki (Cd0xT1) marul bitkilerinden elde edilmiştir.



## 5. SONUÇ

Artan miktarlarda kadmiyum ve tavuk gübresi uygulanarak ıspanak ve marul bitkilerinin yetiştirildiği deneme sonuçları toplu olarak değerlendirildiğinde kadmiyum elementinin her iki bitkinin yapraklara oranla özellikle kök gelişimini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Artan kadmiyum dozları ile birlikte yaprak ve köklerin kuru ağırlık verimleri azalmış, azalmanın ıspanak köklerinde çok daha fazla olduğu görülmüştür.

Artan kadmiyum dozları her iki bitkinin kök ve yapraklarında kadmiyum konsantrasyonlarının ve kaldırılan kadmiyum miktarlarının artmasına neden olmuştur. Kadmiyumun özellikle köklerdeki konsantrasyonları yapraklara oranla fazla bulunmuş, kadmiyumun ıspanak köklerindeki konsantrasyonunun marul bitkisine oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Artan kadmiyum dozlarına ve bitki köklerindeki kadmiyum konsantrasyonlarının fazlalığına bağlı olarak bitkilerin kök gelişimleri yapraklara oranla daha fazla etkilenmiş, bu durum kök kuru ağırlıklarının da yapraklara oranla daha fazla etkilenmesine yol açmıştır. Kadmiyumun köklerdeki konsantrasyonları her ne kadar yüksek bulunsa da kuru ağırlık değerleri ile ilişkili olması sebebiyle yapraklardaki kaldırılan kadmiyum miktarları köklere oranla fazla çıkmıştır.

Artan kadmiyum dozlarına bağlı olarak her iki bitkinin kök ve yapraklarındaki yükselen kadmiyum konsantrasyonları ıspanak ve marul bitkilerinin yaprak ve köklerindeki diğer makro ve mikro bitki besin element miktarları yanı sıra kurşun ve krom içeriklerine ve kaldırılan miktarlarına da etki etmiştir.

ıspanak bitkisinin yapraklarında N, K, Ca ve B içerikleri fazla bulunurken, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb ve Cr içerikleri köklerde fazla belirlenmiştir. Mikro elementlerden Fe ile ağır metallerin köklerdeki içeriklerinin diğer elementlere oranla çok fazla oldukları dolayısıyla kaldırılan miktarların da köklerde fazla olduğu görülmüştür.

Marul bitkisinin yapraklarında N, Ca ve B içerikleri fazla bulunurken, K, Mg, Na, Fe, Cu, Mn, Zn, Pb ve Cr içerikleri köklerde fazla çıkmıştır. Mikro elementlerden Fe, Mn

ve Cu ile ağır metallerin köklerdeki içeriklerinin diğer elementlere oranla çok fazla oldukları dolayısıyla bu elementlerin kaldırılan miktarlarının da köklerde fazla olduğu görülmüştür.

Artan miktarlarda kurşun ve tavuk gübresi uygulanarak ıspanak ve marul bitkilerinin yetiştirildiği deneme sonuçları toplu olarak değerlendirildiğinde; kurşun elementinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök gelişimine olumsuz yönde etkide bulunmadığı görülmüştür. Benzer olarak marul yapraklarında da kuru ağırlığın çok fazla değişmediği ancak artan kurşun dozları ile birlikte marul köklerinin kuru ağırlık verimlerinin kontrole göre azaldığı gözlenmiştir.

Artan kurşun dozları her iki bitkinin kök ve yapraklarında kurşun konsantrasyonlarının ve kaldırılan kurşun miktarlarının artmasına neden olmuştur. Kurşunun özellikle köklerdeki konsantrasyonları yapraklara oranla fazla bulunmuş, kurşunun marul köklerindeki konsantrasyonunun ıspanak bitkisine oranla daha fazla olduğu görülmüştür.

Artan kurşun dozlarına bağlı olarak ıspanak ve marul bitkilerinin köklerindeki yükselen kurşun konsantrasyonları diğer makro ve mikro bitki besin element miktarları yanı sıra kadmiyum ve krom içeriklerine ve kaldırılan miktarlarına da etki etmiştir.

ıspanak bitkisinin yapraklarında N, P, K, Ca, Zn, Mn ve B içerikleri fazla bulunurken, Mg, Fe, Cu, Cd ve Cr içerikleri köklerde fazla belirlenmiştir. Mikro elementlerden Fe ile ağır metallerin köklerdeki içeriklerinin diğer elementlere oranla çok fazla oldukları dolayısıyla kaldırılan miktarların da köklerde fazla bulunduğu görülmüştür.

Marul bitkisinin yapraklarında N, P, K, Ca ve Na içerikleri fazla bulunurken, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Cd ve Cr içerikleri köklerde fazla çıkmıştır. Mikro elementlerden özellikle Fe, Mn ve Cu ile ağır metallerin köklerdeki içeriklerinin diğer elementlere oranla çok fazla oldukları dolayısıyla bu elementlerin kaldırılan miktarlarının da köklerde fazla olduğu görülmüştür.

Kadmiyum ve kurşun içeren topraklara artan dozlarda uygulanan tavuk gübresinin etkisi incelendiğinde bitkilerin yaprak ve kök kuru ağırlık değerlerinin genel olarak tavuk gübresi uygulamalarına paralel ve kontrole oranla arttığı görülmüştür.

Bitkilerin besin elementi ve ağır metal içerikleri ile topraktan kaldırdığı besin elementi ve ağır metal miktarları tavuk gübresi ve uygulanan ağır metallere bağlı olarak belirgin değişim göstermemiştir. Değişimler, uygulanan ağır metallerin; özellikle bitkilerin kuru ağırlık verimi üzerine olumsuz ve tavuk gübresinin ise olumlu etkisi yanı sıra yine bitki besin elementi alım ve taşınımına olan etkileri nedeniyle çok belirgin olarak ifade edilememiştir. Bu belirsizlikte; tavuk gübresi içerisinde bulunan krom ve diğer ağır metaller yanı sıra hümik asitin şelatlayıcı özelliğinin bu elementlerin alımını teşvik edici etkide bulunmasının da göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Sonuç olarak artan kadmiyum ve kurşunun ıspanak ve marul bitkisinin köklerinde biriktiği, kök gelişimini ve kuru ağırlık verimini yapraklara oranla daha fazla etkilediği görülmüş, yaprak hacminin köklere oranla daha fazla olması sebebiyle yapraklarla kaldırılan miktarlarının da arttığı belirlenmiştir. Kadmiyum ve kurşun uygulanmayan bitkilerde bu ağır metallerin insan beslenmesinde belirlenen kritik konsantrasyonların altında ağır metal içerdiği, ancak uygulamalarla birlikte kritik sınırın çok üzerinde ağır metale sahip oldukları görülmüştür. Tavuk gübresi uygulamaları her ne kadar bitkinin kök ve yaprak kuru ağırlık verimini arttırsa da ağır metal konsantrasyonlarının toksik sınırların altına çekilmesi için uygun bir yöntem olmadığı sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Agbede, T. M., Ojeniyi, S. O, Adeyemo, A. J. 2008.** Effect of poultry manure on soil physical and chemical properties, growth and grain yield of sorghum in Southwest Nigeria. *Ame-Eurasian J. Sustainable Agric.* 2(1): 72-77.
- Akıncı, İ. E., Çalışkan, Ü. 2010.** Kurşunun bazı yazlık sebzelerde tohum çimlenmesi ve tolerans düzeyleri üzerine etkisi. *Ekoloji Dergisi*, 19, 74, 164–172.
- Alloway, B. J. 1995.** Cadmium. In Alloway, B. J. (2.ed.) Heavy metals in soils. Blackie, London. pp. 122-152.
- Anjum, N. A., Umar, S., Ahmad, A., Iqbal, M., Khan, N. A. 2008.** Ontogenic variation in response of Brassica campestris L. to cadmium toxicity. *Journal of Plant Interact* DOI: 10.1080/17429140701823164.
- Asri, F. Ö., Sönmez, S. 2006.** Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü Dergisi*, 23(2): 36-45.
- Aşık, B., Çelik, H., Turan, M.A., Katkat, A. V. 2012.** Yapraftan humik asit uygulamasının tuzlu ve kireçli toprak koşullarında buğday bitkisi gelişimi ve kimi besin elementi alımı üzerine etkisi. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi*, 2012(1), 541-548.
- Ayaz, F.A., Kadioğlu, A. 1997.** Ağır metallerin (Zn, Cd, Cu, Hg) çimlenen lens esculenta l. tohumlarındaki çözünür protein bantları üzerine etkileri. *Tr. J. of Bot.*, 21 (2), 85-88.
- Aybar, M., Bilgin, A., Sağlam, B. 2015.** Fitoremediasyon yöntemi ile topraktaki ağır metallerin giderimi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 1 (1-2), 59-65.
- Aydınalp, C., Cresser, M.S. 2003.** The background levels of heavy metals in Vertisols under Mediterranean type of climate in the region of Turkey. *Journal of Central European Agriculture*. 4: 289-296.
- Aydınalp, C., Fitzpatrick, E.A., Cresser, M.S. 2005.** Heavy metal pollution in some soil and water resources of Bursa Province, Turkey. *Communations in Soil Science and Plant Analysis*. 36 (13-14): 1691-1714.
- Bakhshayesh, B.E., Delkash, M., Scholz, M. 2014.** Response of vegetables to cadmium enriched soil. *Water*, 1246-1256.
- Barman, S.C., Sahu, R.K., Bhargava, S.K. 2000.** Distribution of heavy metals in wheat, mustard and weed grains irrigated with industrial effluents. *Bull. Environ. Conta. Toxicol*, 64(1): 489-496.
- Barcelo, J., Poschenrieder, C. 1990.** Plant water relations as affected by heavy metal stress: A review. *Journal of Plant Nutrition* 13: 1-37.

- Bazzaz, F. A., Rolfe, G.L., Windle, P. 1974.** Differing sensitivity of corn and soybean photosynthesis and transpiration to lead contamination. *J. Environ.Qual.*, 3:156-158
- Bech, J., Tume, P., Longan, L., Reverter, F., Bech, J., Tume, L. and Tempio, M. 2007.** Concentration of Cd, Cu, Pb, Zn, Al, and Fe in soils of Manresa, NE Spain. Springer Science Business Media B.V.
- Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W., Djebali, W. 2010.** Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L.. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73: 1004–1011.
- Benavides, M. P., Gallego, S. M., Tomaro, M. L. 2005.** Cadmium toxicity in plants. *Braz. J. Physiol.*, 17(1):21-34.
- Bhattacharya, M., Chaudhuri, M.A. 1995.** Heavy metal (Pb<sup>2+</sup> & Cd<sup>2+</sup>) stress-induced damages in *Vigna* seedlings and possible involvement of phytochelaton-like substances in mitigation of heavy metal stress. *Indian J. Env. Bull.* 33, 236–238.
- Bigersson, B., Sterner, O. , Zimerson, E., Chemie, G. 1988.** Eine verst2ndliche Einf2hrung in die Toxikologie. *VCHVerlagsgesellschaft*, 3(527): 8-26455.
- Bitiktaş, A., 2007.** inko ve kadmiyum toksitesinin marul bitkisinde gelişme ve bazı antioksidant enzimlerin aktivitesine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye.
- Blaylock, M.J., Huang, J.W. 2000.** Phytoextraction of metals: Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean-up the Environment. Raskin, I. ve Ensley, B.D. (eds.), New York, John Wiley & Sons, Inc. 53-70.
- Boussama, N., Ouariti, O., Suzuki, A., Ghorbal, M. H. 1999.** Cd Stress on nitrogen assimilation. *J. Plant Physiol.*, 155: 310–317.
- Bouyoucos, G.J. 1962.** Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.
- Bouyoucos, G.J. 1951.** A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43:434-438.
- Boysan-Canal, S., Bozkurt, M.A., Kipcak, S. 2018.** The effects of organic amendments on cadmium uptake of spinach (*Spinacia oleracea* L.) and plant growth under cadmium toxicity. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5), pp.3174-3179.
- Bremner, J.M. 1965.** Total nitrogen: Methods of soil analysis, Part 2. ed.: Black, C.A., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA, 1149-1178 pp.

**Brümmer, G.W., Hornburg, V., Hiller, D.A. 1991.** Schwermetallbelastung von Böden. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Geslisch*, 63:31-42.

**Chang, A.C., Warneke, J.E., Page, A.L., Lund, L.J. 1984.** Accumulation of heavy metals in sewage sludge-treated soils 1. *Journal of Environmental Quality*, 13(1), pp.87-91.

**Chen, X., Wang, J., Shi, Y., Zhao, M.Q., Chi, G.Y. 2011.** Effects of cadmium on growth and photosynthetic activities in pakchoi and mustard. *Botanical Studies* 52: 41-46.

**Ciscato, M., Vangronsveld, J., Valcke, R. 1999.** Effects of heavy metals on the fast chlorophyll fluorescence induction kinetics of photosystem II: a comparative study, *Z. Naturforsch.* 54, 735- 739.

**Cooperband, L., Bollero, G., Coale, F. 2002.** Effect of poultry litter and compost on soil nitrogen and phosphorus availability and corn production. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 62, 185-192.

**Çavuşoğlu, K., Arıca, Ş.K. 2007.** Pinus nigra (arnold) subs. Nigra var. Caramanica (loudon) rehder türünün yapraklarında kurşun birikiminin araştırılması. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11. Cilt, 1. Sayı, s, 42–46

**Çavuşoğlu, K., Kılıç, S., Kılıç, M. 2009.** Taşıtların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin çam ve sedir yapraklarının anatomisi üzerine etkileri. *Biological Diversity and Conservation*. ISSN 1308–5301 Print; ISSN 1308–8084 Online.

**Çekiç, F.Ö. 2004.** Tuz (NaCl) ve ağır metal (kadmiyum) stresine maruz bırakılan domates bitkisinde bazı fizyolojik parametrelerin ve antioksidant savunma sisteminin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye.

**Çelik, H., Katkat, A.V., Asik, B.B., Turan, M.A. 2010.** Effects of humus on growth and nutrient uptake of maize under saline and calcareous soil conditions. *Žemdirbystė (Agriculture)*, 97(4):15-22.

**Çelik, H., Turan, M.A., Aşık, B.B., Katkat, A.V. 2017.** Evaluation of analytical methods for boron determination in maize shoots. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(21):2573-2581.

**Çimrin, M., K., Karaca S., Bozkurt M.A. 2001.** Mısır bitkisinin gelişimi ve beslenmesi üzerine humik asit ve NPK uygulamalarının etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(2) 95-100.

**Dahmani, M., Van Oort, H. F., Gelie, B., Balanbane, M. 2000.** Strategies of heavy metal uptake by three plant species growing near a metal smelter. *Environmental Pollution* 109: 231–238.

- Das, P., Samantaray, S., Rout, G.R. 1997.** Studies on cadmium toxicity in plants. *Environmental Pollution*, 98:29-36.
- Das, P., Samantaray, S., Rout, G.R. 1998.** Studies on cadmium toxicity in plants: A Review. *Environmental Pollution*, 98 (1): 29-36.
- David, P.P., Nelson, P.V., Sander, D.C. 1994.** Humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*,17(1):173-184.
- Degreave, N. 1981.** Carcinogenis, teratogenic and mutagenic effects of cadmium. *Mutation Res* 86, 115-122.
- Demir, R. ve Düz, Z. 2008.** Diyarbakır il sınırları içerisinde yayılış gösteren bazı yonca (*Medicago L.*) türlerinde ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Diyarbakır Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi* 10, 148–153.
- Deveci, T. 2012.** Gaziantep’te atık sulardan etkilenen toprak ve bitkilerde eser element (Cu, Co, Mn, Zn ve Fe) konsantrasyonları’nın ICP-MS ile Tayini. *Yüksek Lisans Tezi*, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kilis, 60s.
- Dikinya, O., Mufwanzala, N. 2010.** Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: effects of application rates. *J. Soil Sci. Environ. Manage.* 1, 46-54.
- Doelsch, E., Van De Kerchove, V., Macary, H. S. 2006.** Heavy metal content in soils of Réunion (Indian Ocean). *Geoderma*, 134 (1-2):119-134.
- Drazkiewicz, M., Skorzynska-Polit, E., Krupa, Z. 2003.** Response of the ascorbate-glutathione cycle to excess copper in *Arabidopsis thaliana* (L.). *Plant Sci*, 164:195-202.
- Dunand, F.V., Epron, D., Sossé, B.A., Badot, P.M. 2002.** Effects of copper on growth and on photosynthesis of mature and expanding leaves in cucumber plants. *Plant Sci*. 163: 53-58
- Duru, N., Türkmen, Z., Çavuşoğlu, K., Yalçın, E., Yapar, K. 2011.** *Verbascum Sinuatum* L. (Scrophulariaceae) (Sığırkuyruğu) türü kullanılarak Karadeniz sahil şeridinde taşıtların sebep olduğu ağır metal kirliliğinin araştırılması. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 15. Cilt, 2. Sayı S.89-91.2011.
- Duncan, J. 2005.** Composting chicken manure. WSU Cooperative Extension, King County Master Gardener and Cooperative Extension Livestock Advisor.
- Ergün, N., Öncel, I. 2009.** Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) ilk gelişme döneminde kök ve gövde büyümesi üzerine bazı ağır metal ve ağır metalhormon uygulamalarının etkileri. *Yyü Tar Bil Derg.*, 19 (1): 11-17.
- Fargasova, A. 1994.** Effect of Pb, Cd, Hg, As and Cr on germination and root growth of *Sinapis alba* seeds. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 52:452-456.

**Farooq, M., Anwar, F., Rashid, U., 2008.** Appraisal of heavy metal contents different vegetables grown in the vicinity of an industrial area. *Pak. J. Bot.*, 40(5): 2099-2106.

**Fediuc, E., Erdei, L. 2002.** Physiological and biochemical aspects of cadmium toxicity and protective mechanisms induced in *Phragmites australis* and *Typha latifolia*. *Journal of Plant Physiology*, 159:265-271.

**Gao, X., Akhter, F., Tenuta, M., Flaten, D.N., Gawalko, E. J., & Grant, C. 2010.** Mycorrhizal colonization and grain Cd concentration of field-grown durum wheat in response to tillage, preceding crop and phosphorus fertilization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 750-758.

**Ghoshroy, S., Nasdakavukaren, M. J. 1990.** Influence of cadmium on the ultrastructure of developing chloroplasts in soybean and corn. *Environm. Exp. Bot.*, 30:187-192.

**Grewelling, T., Peech, M., 1960.** Chemical soil test. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. Handbook, 60. U. S. Dept. of Agriculture.

**Grupe, R., Filipinski, M. 1989.** Zur Verfügbarkeit und pflanzenaufnahme von Pb auf Böden mit hohen lithogenen Schwermetallgehalten. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 59/1, 361-366.

**Gümüş, B., Bayrak, M., Çelik, H. 2019.** Usage of ornamental plants for phytoremediation: Researches In Landscape and Ornamental Plants, Editor: Zencirkıran, M., Gece Kitaplığı, New York, USA. pp. 83-108.

**Gupta, G., Charles, S. 1999.** Trace elements in soils fertilized with poultry litter. *Poultry science*, 78(12), pp.1695-1698.

**Haktanır, K., Arcak, S. 1998.** 'Çevre Sorunları', Gazi Kitabevi, 2. Baskı, Ankara.

**Harte, G., Owen, D. 1991.** Environmental disclosure in the annual reports of British Companies: A Research notes. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, Vol. 4 Issue: 3., 51-64.

**Hanlon, E.A. 1998.** Elemental determination by atomic absorption spectrophotometry: Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, Ed.: Karla, Y.P., CRC Pres, Washington, D.C., p.157.

**Hansen, T.H., De Bang, T.C., Laursen, K.H., Pedas, P., Husted, S., Schjørring, J.K. 2013.** Multielement plant tissue analysis using ICP spectrometry: Plant mineral nutrients methods and protocols, Ed.: Maathuis, F.J.M., Humana Press, Totowa, NJ. pp: 121-141.

**Hashem, H.A., Hassanein, R.A., El-Deep, M.H., Shouman, A.I. 2013.** Irrigation with industrial waste water activates antioxidant system and osmoprotectant accumulation in



lettuce, turnip and tomato plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 95: 144–152.

**Horneck, D.A., Hanson, D. 1998.** Determination of potassium and sodium by flame emission spectrophotometry: Handbook of reference methods for plant analysis, Ed.: Karla, Y.P., CRC Pres, Washington, D.C. pp: 157-164.

**Hsu, Y.T., C.H. Kao. 2007.** Cadmium-induced oxidative damage in rice leaves is reduced by polyamines. *Plant and Soil* 291:27-37.

**İlhan, A. İ., Dündar, C., Öz, N., Kılınç, H. 2006.** Hava kirliliği ve asit yağmurlarının çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri, <http://www.meteor.gov.tr/2006/arastirma/files/webhaker.pdf>

**Imperato, M., Adamo, P., Naimo, D., Arienzo, M., Stanzione, D. and Violante, P. 2003.** Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy). *Environmental Pollution*, 124: 247–256.

**Jana, T. Dalal., Barua, B. 1987.** Effects and relative toxicity of heavy metals on *Cuscuta reflexa*, *Water, Air and Soil Pollution*, 33, 23-27, 1987.

**Jiang, X.J., Luo, Y.M., Liu, Q., Liu, S.L., Zhao, Q.G. 2004.** Effect of cadmium on nutrient uptake and translocation by indian mustard. *Environmental Geochemistry and Health* 26: 319-324.

**Johnson, M. S., McNeilly, T., Putwain, P. O. 1977.** Revegetation of metalliferous mine spoil contaminated by lead and zinc. *Environ. Pollut*, 12:261-277

**Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B. 2007.** Trace elements from soil to human. Springer, Berlin, Germany. 550p.

**Kabata-Pendias, A. 2010.** Trace elements in soils and plants. Boca Raton: CRC Press, <https://doi.org/10.1201/b10158>

**Kacar, B., İnal, A. 2008.** Kadmiyum Bölüm:20 :Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1241, Ankara. 892.

**Kacar, B., ve İnal, A. 2010.** Bitki Analizleri (2. Baskı), Ankara, Nobel Yayınları No: 1241.

**Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven A., Timur, S. 2004.** Metallerin çevresel etkileri-I, [www.metalurji.org.tr](http://www.metalurji.org.tr)-(Erişim tarihi: 18.02.2014).

**Kalbasi, M., Peryea, F.J., Lindastay, W.L., Drake, S.R. 1995.** ‘Measurement of divalent lead in lead activity in lead arsenate contaminated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 59(5): 1274-1280.

**Karaman, M.R. 2012.** Bitki besleme, Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi No, 2.

**Karaman, M. R., Turan, M., Tutar, A., Dizman, M. 2012.** Bitkisel üretimde humik madde ve mikro besin elementi yararlılığı ilişkileri. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi*.

**Kennedy, C.D., Gonsalves, F.A.N. 1987.** The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on the trans-root potential and H<sup>+</sup>efflux of excised roots. *Journal of Experimental Botany*, 38(5), 800-817.

**Keser, B. 2008.** Aydın ilinde Büyük Menderes nehri ile sulanan bölgelerde yetişen bazı sebze ve meyvelerdeki ağır metal kirliliğinin araştırması. Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adnan Menderes Üniversitesi.

**Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y.M., Huang, Y.Z., Zhu, Y.G. 2007.** Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution*, 152: 686-692.

**Koca, S., 2012.** Bazı bitkilerin hidroponik ortamda fitoremediasyon kapasitelerinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Denizli.

**Kocaer, F.O., Başkaya, H.S. 2003.** Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde uygulanan teknolojiler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8(1) 121-131.

**Koch, D. and Grupe, M. 1993.** Mobilität von Schwermetallen geogener anthropogener Herkunft. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. *Gesellsch.*, 72, 385-388.

**Kütük, C., Çaycı, G., Baran, A. and Baksan, O. 1999.** Effect of humic acid on Some Soil Properties.

**Kovacik, J., Gruz, J., Hedbavny, J., Klejdus, B., Strnad, M. 2009.** Cadmium and nickel uptake are differentially modulated by salicylic acid in *Matricaria chamomilla* plants. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 9848-9855.

**Köleli, N., Eker, S., Cakmak, I. 2004.** Effect of zinc fertilization on cadmium toxicity in durum and bread grown in zinc-deficient soil. *Environmental Pollution* 131 453-459.

**Kumar, R. G., Dubey, R. S. 1999.** Glutamine synthetase isoforms from rice seedlings: effects of stress on enzyme activity and the protective roles of osmolytes. *J. Plant Physiol.*, 155: 118-121.

**Kvesitadze, G., Khatisashvili, G., Sadunishvili, T., Ramsden, J.J. 2006.** Biochemical mechanisms of detoxification in higher plants. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany*, 262p.

**Lamersdorf, N. P., Godbold, D. L., Knoche. 1991 D.** Risk assessment of some heavy metals for growth of Norway spruce, *Water, Air and Soil Pollution*. 57/58:535-543.

- Lane, T.W and Morel, F.M. 2000.** A biological function for cadmium in marine diatoms. *Proc Natl Acad Sci.* Vol. 97, pp. 4627-4631.
- Lane, T.W., Saito, M.A., George, G.N. 2005.** A cadmium enzyme from a marine diatom. *Nature.* Vol. 435, pp. 42.
- Lee, S. M., Leustek, T. 1999.** The effect of cadmium on sulphate assimilation enzymes in *Brassica juncea*. *Plant Sci.*, 141: 201–207.
- Lehoczky, E., Szabo, L., Horvath, S. Z. 1998.** Cadmium uptake by lettuce in different soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 29(11-4), 1903-1912.
- Leštan, D., Neža, F. 2006.** Relationship of soil properties to fractionation, bioavailability and mobility of pb and zn in soil. environmental aspects of trace 57 element research – Water, Soil, Microorganisms, Plants Procs. Trace Elements in the Food Chain, 140 Budapest.
- Li, S., Wang, F., Ru, M., Ni, W. 2014.** Cadmium tolerance and accumulation of *Elsholtzia argyi* originating from a zinc/lead mining site – a hydroponics experiment. *International Journal of Phytoremediation*, 16: 1257–1267.
- Long, X.X., Yang, X.E., Ni, W.Z. 2002.** Current status and perspective on phytoremediation of heavy metal polluted soils. *Journal of Applied Ecology*, 13: 757-762.
- Lobartini, J. C., Orioli, G. A., Tan, K. H. 1997.** Characteristics of soil humic acid fractions separated by ultrafiltration. *Corn. Soil Sci. Plant Anal.*, 28 (9&10): 787-796.
- Lott, W.L., Gallo, J.P., Meaff, J.C. 1956.** Leaf analysis technique in coffee research, Ibec. Research Inc. 1-9,21-24.
- Maldonado, V.M., Arias, H.O., Quintana, R., Saucedo, R.A., Gutierrez, M., Ortega, J.A. and Nevarez, G.V. 2008.** Heavy metal content in soils under different wastewater irrigation patterns in Chihuahua, Mexico. *Int J Environ Res Public Health.* Dec; 5 (5): 441-9.
- Marschner, H. 1983.** General introduction to the mineral nutrition of plants: Encyclopedia of Plant Physiology, A. Läuchli, R. L. Bielecki (Eds.): New Series, Vol. 15A, 5-60. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- Marschner, H. 2008.** Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Second Edition. London, UK., 889p.
- Metin, S.Ü. 2010.** Bursa ovası alüvyal, koluviyal ve vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal kirliliği yönünden incelenmesi. *Master's thesis*, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

- Micó, C., Peris, M., Sánchez, J., Recatalá, L. 2006.** Heavy metal content of agricultural soils in a mediterranean semiarid area: The Segura River Valley (Alicante, Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4 (4): 363-372.
- Milone, M.T., Sgherri, C., Clijsters, H., Navari-Izzo, F. 2003.** Antioxidative responses of wheat treated with realistic concentration of cadmium. *Environmental and Experimental Botany*, 50: 265–276.
- Miranda, MG and Ilangovan, K. 1996.** Uptake of lead by *Lemna gibba* L. influence on specific growth rate and basic biochemical changes. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56:1000-1007.
- Monteiro, MS, Santos, C., Soares, A., Mann, R. 2009.** Assessment of biomarkers of cadmium stress in lettuce. *Exotoxicology and Environmental Safety*, 72:811-818.
- Nelson, R.E. 1982.** Carbonate and gypsum: Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties, Ed.: Page, A.L., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA, pp 181-196.
- Nelson, D.W., Sommers, L. 1982.** Total carbon, organic carbon and organic matter: Methods of soil analysis, Part 2. chemical and microbiological properties. Agronomy Monograph No.9 (2 nd Ed.) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp 539-579.
- Nies, D.H. 1999.** Microbial heavy-metal resistance. *Applied Microbiol. Biotechnology*, 51(6), 730-750.
- Öztürk, L., Eker S., Özkutlu, F. 2003.** Effect of cadmium on growth and concentrations of cadmium, ascorbic acid and sulphhydryl groups in durum wheat cultivars. *Turk J Agric, For* 27 161-168 TÜBİTAK.
- Padem, H., Öcal, A. 1998.** Effect of humic acid added foliar fertilizer on some nutrient content of eggplant and pepper seedlings. XXVth Int. Hort. Congress, Benelux, Brussels, 17 August 1998, Abstract Book, 180 pp.
- Padmaja, K., Prasad, D.D.K, Prasad, A.R.K. 1990.** Inhibition of chlorophyll synthesis in *Phaseolus vulgaris* L. seedlings by cadmium acetate. *Photosynth.* 24: 399-405.
- Pais, I., Jones, J.B.Jr. 2000.** The handbook of trace elements. Published by St. Lucie Press, Boca Raton, Florida.
- Papafilippaki, A., Gasparatos, D., Haidouti, C., Stavroulakis, G. 2007.** Total and bioavailability forms of Cu, Zn, Pb and Cr: Agricultural soils in a study from the hydrological basin of Keritis, Chania, Greece. *Global NEST Journal*, 9, (3):201-206.
- Pierzynski, G.M., Vance, G.F., Sims, J.T. 2005.** Soils and environmental quality. CRC press.

**Pillay, V., Sreekanth, E., Jonnalagadda, B. 2007.** Elemental uptake by edible herbs and lettuce (*Lactuca sativa*). *Journal of Enviromental Science and Health, Part B.* 42:423-428.

**Qishlaqi, A., Moore, F. 2007.** Statistical Analysis of Accumulation and Sources of Heavy Metals Occurrence in Agricultural Soils of Khoshk River Banks, Shiraz, Iran. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 2 (5): 565-573.

**Rhoades, J.D. 1982.** Soluble salts: Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties, Ed.: Page, A.L., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, Madison, Wisconsin, USA, pp:167-178.

**Salt, D.E., Pickering, I.J., Prince, R.C., Gleba, D., Dushenkov, S., Smith, R.D., Raskin, I. 1997.** Metal accumulation by aquacultured seedlings of Indian Mustard. *Environ Sci Techno.*, 31, 1636-1644.

**Sanita di Toppi, L., Gabbrielli, R. 1999.** Response to cadmium in higher plants. *Environ. Exp. Bot.*, 41:105-131.

**Sağlam, N., Cihangir, N. 1995.** Ağır metallerin biyolojik süreçlerle biyosorbsiyonu çalışmaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11: 157–161.

**Sahibin, A.R., Zulfahmi, A.R., Lai, K.M., Errol, P., Talib, M.L. 2002.** Proceedings of the Regional Symposium on Environment and Natural Resources 1011th April 2002, Hotel Renaissance Kuala Lumpur, Malaysia. Vol 1: 660-667.

**Sandalio, L.M., Dalurzo, H.C., Gomez, M., Romero-Puertas, M.C., Del Rio, L.A. 2001.** Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. *Journal of experimental botany*, 52(364), pp.2115-2126.

**Sarıyer, E. 2017.** Bursa Bölgesinde yetiştirilen bazı marul ve baş salata çeşitlerinde sulama suyu kaynağına bağlı olarak ağır metal miktarının belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.*

**Schüürmann, G., Markert, B.A. 1998.** Ecotoxicology. ecological fundamentals, chemical exposure and biological effects. *Environmental Science Technology*, Vol. 13 pp. 900.

**Sesli, M. 2002.** Soma ilçesinde yol kenarında yetişen tütünlerde kurşun miktarlarının araştırılması. Celal Bayar Üniversitesi Akhisar Meslek Yüksekokulu, Manisa, NO:11

**Selçuk, R., Tüfenkçi, Ş. 2009.** Artan dozlarda çinko ve humik asit uygulamalarının mısırın verim ve besin içeriğine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

**Senesi, N., Loffredo, E., Padonava, G. 1990.** Effects of humic acid. herbicide interactions on the growth of *Pisum sativum* in nutrient solution. *Plant and Soil*, 127: 41–47.

**Sgherri, C., Quartacci, M.F., Izzo, R., Navari-Izzo, F. 2002.** Relation between lipoic acid and cell redox status in wheat grown in excess copper. *Plant Physiol. Biochem.* 40:591-597.

**Shao, G., Chen, M., Wang, W., Mou, R., Zhang, G. 2007.** Iron nutrition affects cadmium accumulation and toxicity in rice plants. *Plant Growth Regulation*, 53:33-42 China.

**Sharma, P., Dubey, R.S. 2005.** Lead toxicity in plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17(1):35-52.

**Sherameti, I. 2011.** Soil Biology. Detoxification of heavy metal, Chapter:1, Springer Verlag, No:30, Spain. 448.

**Siedlecka, A., Krupa, Z. 1999.** Cd/Fe interaction in higher plants. Its consequence for the photosynthetic apparatus. *Photosynthetica*, 36(3):321-331.

**Sinha, H. S., Tripathi, R. 1993.** Influence of some growth regulators and cations on the inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in maize. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 51, 241-246.

**Soil Survey Manual, 1951.** Department of agriculture hand book. U.S., 235 pp.

**Sözüdoğru, S., Kütük, A. C., Yalçın, R., Usta, S. 1996.** Humik asidin fasulye bitkisinin gelişimi ve besin maddeleri alımı üzerine etkisi. Ankara Üni. Zir. Fak. Yayın No:1452.

**Stobart, A.K., Griffiths, W.T., Ameen-Bukhari, A., Sherwood, R.P. 1985.** The effect of Cd on the biosynthesis of chlorophyll in leaves of barley. *Physiol. Plant.* 63, 291-293.

**Stolt, J.P., Sneller, F.E.C., Bryngelsson, T., Lundborg, T., Schat H., 2003.** Phytochelatin and Cadmium Accumulation in Wheat. *Environmental and Experimental Botany*, 49: 21-28.

**Sunlu ve Egemen. 1998.** Çevre için jeoloji; ağır metallerin çevresel etkileri. *SDUGEO e-dergi*, 2(45): 30-35.

**Sümer, A., Adiloğlu, S., Çetinkaya, O., Adiloğlu, A., Sungur, A., Bulak, C. 2013.** Karamenderes havzası topraklarında bazı ağır metallerin (Cr,Ni,Pb) kirliliğinin araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1):83-89.

**Syed, A.H., Barket, A., Shamsul, H., Aqil, A. 2007.** Cadmium-induced changes in the growth and carbonic anhydrase activity of chickpea. *Turk J Biol.*, 31: 137-140.

**Terzi, H., Yıldız, M. 2011.** Ağır metaller ve fitoremediasyon: fizyolojik ve moleküler mekanizmalar. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(1), 1-22.

**Thamayanthi, D., Sharavanan , P.S., Vijayaragavan, M. 2011.** Effect of cadmium on seed germination, growth and pigments content of zinnia plant. *Current Botany*, 2(8): 08-13.

**Tiryakioğlu, M., Eker, S., Ozkutlu , F., Husted, S., Cakmak, I. 2006.** Antioxidant defense system and cadmium uptake in barley genotypes differing in cadmium tolerance. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20: 181-189.

**Tlustoš, P., Šichorová, K., Száková, J., Pavlíková, D. 2006.** Environmental Aspects of Trace Element Research – Water, Soil, Microorganisms, Plants. *Procs. Trace Elements in the Food Chain*, Budapest, 125 Contents Of Trace Elements In Grain Crops Planted At Contaminated Area.

**Tok, H. 1997.** Çevre Kirliliği, Anadolu Matbaası, İstanbul, 404s.

**Üstbaş, Y. 2008.** Trakya bölgesinde üretilen ayçiçeği tohumu (*Helianthus annuus* L.) yağlarında bakır, demir, kadmium ve kurşun içeriklerinin belirlenmesi. *Yüksek lisans tezi*, Trakya Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.

**Valdrighi, M., Pera, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D., Vallini, G. 1996.** Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*) soil system: a comparative study. *Agriculture, Ecosystems And Environment*, 58 (2-3):133-144.

**Van, Assche, Clijsters, H. 1990.** Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant Cell Environ.* 13:195- 206.

**Vivek, D., Vivek, P., Radhey, S. 2001.** Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum* L. Cv. Azad). *Journal of Experimental Botany*, 52 (358): 1101-1109.

**Wagner, G. 1993.** Accumulation of cadmium in crop plants and its consequences to human health. *Adv. Agron*, 51: 173-212.

**Wang, W. 1987.** Root elongation method for toxicity testing of organ and inorganic pollutants. *Environ Toxicol Chem* 6, 409-414.

**Watanabe, F.S., Olsen, S.R. 1965.** Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO<sub>3</sub> extracts from soil. *Soil Science Society of America Journal*, 29(6): 677-678.

**Wenzel, W. W., Adriano, D. C., Salt, D., Smith, R. 1999.** Phytoremediation: A plant microbe based remediation system. p.457–508. in D.C. Adriano et al (ed) *Bioremediation of Contaminated Soils*. *American Society of Agronomy*, Madison

**Wierzbicka, W., Obidzinska, J. 1998.** The effects of lead on seed imbibitions and germination in different plant species. *Plant Science*, 137: 155-171.

**Wolf, B. 1971.** The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2(5):363-374.

**Xiong, Z. T. 1997.** Bioaccumulation and physiological effects of excess lead in a roadside pioneer species *Sonchus oleraceus* L. *Environment Pollution* 97.

**Yang, X., Baligar, V.C., Martins, D.C. Clark, R.B. 1996.** Cadmium effects on influx and transport of mineral nutrients in plant species. *J Plant Nutri.*, 19: 643-656

**Yılmaz, T. 2014.** Ispanakta değişen hümik asit dozlarının kurşun alımına ve bitki gelişimine etkisi. *Doktora Tezi*, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

**Zengin, K.F., Munzuroğlu, Ö. 2003.** Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* (L.)) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine kadmiyum (Cd<sup>++</sup>) ve civa (Hg<sup>++</sup>)'nin etkileri. *C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 24 (1).

**Zhang, Z. Y., Meng, J., Dang, S., Chen, W. F. 2014a.** Effect of biochar on relieving cadmium stress and reducing accumulation in Super japonica Rice. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(3), 547-553.

**Zhang, X., Gao, B., Xia, H. 2014b.** Effect of cadmium on growth, photosynthesis, mineral nutrition and metal accumulation of bana grass and vetiver grass. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 106: 102–108.

**Zhang, X., Zhang, X., Gao, B., Li, Z., Xia, H., Li, H., Li, J., 2014c.** Effect of cadmium on growth, photosynthesis, mineral nutrition and metal accumulation of an energy crop, King Grass (*Pennisetum americanum* x *P. purpureum*). *Biomass and bioenergy*, 67: 179-187.

**Zurera, G., Moreno, R., Salmeron, J., Pozo, R. 1989.** Heavy metal uptake from greenhouse border soils for edible vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 49, 307-314.



## **EKLER**

- Ek 1** Tavuk Gübresinin Kadmiyum İçeren Toprakta Yetişen Ispanak Bitkisinin Besin Elementi İçeriklerine Etkisine Ait Verileri
- Ek 2** Tavuk Gübresinin Kurşun İçeren Toprakta Yetişen Ispanak Bitkisinin Besin Elementi İçeriklerine Etkisine Ait Verileri
- Ek 3** Tavuk Gübresinin Kadmiyum İçeren Toprakta Yetişen Marul Bitkisinin Besin Elementi İçeriklerine Etkisine Ait Verileri
- Ek 4** Tavuk Gübresinin Kurşun İçeren Toprakta Yetişen Marul Bitkisinin Besin Elementi İçeriklerine Etkisine Ait Verileri

**Ek 1. Tavuk Gübresinin Kadmiyum İçeren Toprakta Yetişen Ispanak Bitkisinin Besin Elementi İçeriklerine Etkisine Ait Verileri**

**Çizelge Ek.1.1.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kadmiyum içeriklerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Cd0	0,50	0,75	0,50	0,58	0,58 b
	Cd1	59,92	55,83	86,17	60,92	65,71 a
	Cd2	81,92	59,75	75,92	82,58	75,04 a
	<b>Ort</b>	<b>47,44</b>	<b>38,78</b>	<b>54,19</b>	<b>48,03</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	18,836	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Ispanak Kök	Cd0	1,25	0,92	1,42	1,33	1,23 c
	Cd1	99,33	111,25	114,83	107,00	108,10 b
	Cd2	152,92	145,08	178,83	171,83	162,17 a
	<b>Ort</b>	<b>84,50</b>	<b>85,75</b>	<b>98,36</b>	<b>93,39</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	25,865	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.1.2.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök azot içeriklerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Cd0	2,44	2,34	2,19	2,15	2,28 b
	Cd1	4,31	4,45	4,23	4,08	4,27 a
	Cd2	4,28	4,35	4,41	4,49	4,38 a
	<b>Ort</b>	<b>3,68</b>	<b>3,71</b>	<b>3,61</b>	<b>3,57</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,360	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Ispanak Kök	Cd0	1,67	1,42	1,75	1,51	1,59 b
	Cd1	2,73	2,90	3,20	2,78	2,90 a
	Cd2	2,25	3,39	3,34	3,34	3,08 a
	<b>Ort</b>	<b>2,22</b>	<b>2,57</b>	<b>2,76</b>	<b>2,55</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,491	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.1.3.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök fosfor içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
P içeriği (%)	Ispanak Yaprak	Cd0	0,75	1,00	0,74	0,92	0,85 a
		Cd1	0,51	0,56	0,56	0,61	0,56 b
		Cd2	0,51	0,49	0,50	0,56	0,52 b
		<b>Ort</b>	<b>0,59</b>	<b>0,68</b>	<b>0,60</b>	<b>0,70</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,118	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	0,58	0,55	0,63	0,56	0,58
		Cd1	0,54	0,61	0,70	0,66	0,63
		Cd2	0,55	0,61	0,59	0,57	0,58
		<b>Ort</b>	<b>0,56</b>	<b>0,59</b>	<b>0,64</b>	<b>0,60</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.1.4.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök potasyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
K içeriği (%)	Ispanak Yaprak	Cd0	6,34	6,42	6,76	7,29	6,71 b
		Cd1	7,14	7,59	8,24	8,81	7,95 a
		Cd2	6,91	7,21	7,61	8,74	7,62 a
		<b>Ort</b>	<b>6,80 C</b>	<b>7,07 BC</b>	<b>7,54 AB</b>	<b>8,28 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,845	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,732	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	4,04	3,28	3,32	2,98	3,40
		Cd1	3,32	3,43	3,30	3,95	3,50
		Cd2	2,95	3,27	3,64	3,66	3,38
		<b>Ort</b>	<b>3,44</b>	<b>3,33</b>	<b>3,42</b>	<b>3,53</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.1.5.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kalsiyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Ca içeriği (%)	Ispanak Yaprak	Cd0	1,44	1,27	1,31	1,19	1,30 c
		Cd1	2,43	1,79	1,74	1,77	1,93 b
		Cd2	2,53	2,31	2,11	1,98	2,23 a
		<b>Ort</b>	<b>2,13 A</b>	<b>1,79 B</b>	<b>1,72 B</b>	<b>1,65 B</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,341	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,296	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	0,73	1,25	1,35	1,05	1,10
		Cd1	1,45	0,74	0,66	0,74	0,90
		Cd2	0,71	0,98	0,72	0,68	0,77
		<b>Ort</b>	<b>0,96</b>	<b>0,99</b>	<b>0,91</b>	<b>0,83</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.1.6.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök magnezyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Mg içeriği (%)	Ispanak Yaprak	Cd0	0,66	0,61	0,63	0,60	0,62 b
		Cd1	1,05	0,95	1,14	1,12	1,06 a
		Cd2	1,02	0,96	1,03	1,04	1,01 a
		<b>Ort</b>	<b>0,91</b>	<b>0,84</b>	<b>0,93</b>	<b>0,92</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,097	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	1,20	1,18	1,08	1,00	1,12
		Cd1	1,17	1,14	1,16	1,22	1,17
		Cd2	1,17	1,14	1,29	1,18	1,20
		<b>Ort</b>	<b>1,18</b>	<b>1,15</b>	<b>1,18</b>	<b>1,14</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.1.7.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök sodyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Na içeriği (%)	Ispanak Yaprak	Cd0	0,31	0,30	0,32	0,35	0,32 b
		Cd1	0,37	0,37	0,46	0,40	0,40 a
		Cd2	0,36	0,40	0,38	0,43	0,39 a
		<b>Ort</b>	<b>0,35</b>	<b>C 0,36</b>	<b>B 0,39</b>	<b>AB 0,39</b>	<b>A</b>
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,033	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,039	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	0,52	0,27	0,29	0,29	0,34 b
		Cd1	0,59	0,52	0,57	0,57	0,56 a
		Cd2	0,49	0,65	0,52	0,57	0,56 a
		<b>Ort</b>	<b>0,54</b>	<b>0,48</b>	<b>0,46</b>	<b>0,48</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,138	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.1.8.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök demir içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Fe içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	129,67	82,67	71,83	67,00	87,79 b
		Cd1	144,58	106,42	167,25	111,83	132,52 ab
		Cd2	285,33	126,83	145,33	124,92	170,60 a
		<b>Ort</b>	<b>186,53 A</b>	<b>105,31 B</b>	<b>128,14 B</b>	<b>101,25 B</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	57,782	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	50,041	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	2422,58 a	B 4784,75 a	A 1911,17 a	B 1819,25 a	B 2734,44 a
		Cd1	1798,75 a	A 1985,75 b	A 2347,92 a	A 2001,33 a	A 2033,44 b
		Cd2	2527,67 a	A 2252,67 b	A 2763,83 a	A 2293,33 a	A 2459,38 ab
		<b>Ort</b>	<b>2249,67 B</b>	<b>3007,72 A</b>	<b>2340,97 B</b>	<b>2037,97 B</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	619,120	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	536,174	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	1452,281	

**Çizelge Ek.1.9.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök bakır içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Cu içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	6,05	6,67	6,30	7,12	6,53 b
		Cd1	7,35	7,96	8,02	7,96	7,82 a
		Cd2	5,94	6,75	7,60	7,89	7,05 ab
		<b>Ort</b>	<b>6,44</b>	<b>7,13</b>	<b>7,30</b>	<b>7,66</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,806	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	19,99	15,47	16,95	19,77	18,04 b
		Cd1	22,29	22,05	30,75	29,52	26,15 a
		Cd2	23,18	27,03	30,34	31,36	27,98 a
		<b>Ort</b>	<b>21,82 B</b>	<b>21,52 B</b>	<b>26,01 AB</b>	<b>26,88 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	4,503	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	3,900	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.1.10.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök çinko içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Zn içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	33,42	40,12	33,91	45,20	38,16 a
		Cd1	15,87	19,74	27,41	24,45	21,87 b
		Cd2	14,00	15,34	18,81	19,61	16,94 b
		<b>Ort</b>	<b>21,09 B</b>	<b>25,07 AB</b>	<b>26,71 A</b>	<b>29,75 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	5,154	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	6,045	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	39,42 a A	31,71 a B	33,86 ab AB	32,80 b AB	34,45
		Cd1	32,21 b B	38,16 a AB	42,82 a A	40,35 a A	38,39
		Cd2	32,11 b B	34,66 a AB	37,10 b AB	39,24 ab A	35,78
		<b>Ort</b>	<b>34,58</b>	<b>34,84</b>	<b>37,93</b>	<b>37,46</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	6,801	

**Çizelge Ek.1.11.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök mangan içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Mn içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	93,08	96,67	89,83	111,42	97,75 a
		Cd1	63,17	61,67	67,00	83,83	68,92 b
		Cd2	63,58	47,33	62,25	64,08	59,31 b
		<b>Ort</b>	<b>73,28</b>	<b>68,56</b>	<b>73,03</b>	<b>86,44</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	16,512	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Cd0	100,75 a B	197,92 a A	89,33 a B	87,08 a B	118,77 a
		Cd1	64,42 a A	71,33 b A	72,92 a A	83,42 a A	73,02 b
		Cd2	65,17 a A	65,75 b A	83,08 a A	74,83 a A	72,21 b
		<b>Ort</b>	<b>76,78 B</b>	<b>111,67 A</b>	<b>81,78 B</b>	<b>81,78 B</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	27,076	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	23,448	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	46,896	

**Çizelge Ek.1.12.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök bor içeriklerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama			
		T0	T1	T2	T3				
B içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	35,53	33,53	32,05	39,74	35,21		
		Cd1	28,41	28,55	21,47	38,16	29,15		
		Cd2	22,81	27,27	32,00	39,65	30,43		
	<b>Ort</b>	<b>28,92</b>	<b>B</b>	<b>29,78</b>	<b>B</b>	<b>28,51</b>	<b>B</b>	<b>39,18</b>	<b>A</b>
	A LSD<0,01	8,248	B LSD	öd	AxB LSD	öd			
Ispanak Kök	Cd0	13,25	15,41	14,01	10,01	13,17			
	Cd1	3,82	21,96	6,39	13,69	11,46			
	Cd2	15,09	20,36	15,28	16,73	16,86			
	<b>Ort</b>	<b>10,72</b>	<b>19,24</b>	<b>11,89</b>	<b>13,48</b>				
	A LSD	öd	B LSD	öd	AxB LSD	öd			

**Çizelge Ek.1.13.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kurşun içeriklerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Pb içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	0,67	0,92	0,58	0,42	0,65
		Cd1	0,50	0,67	0,58	0,75	0,63
		Cd2	0,67	0,67	0,33	0,50	0,54
	<b>Ort</b>	<b>0,61</b>	<b>0,75</b>	<b>0,50</b>	<b>0,56</b>		
	A LSD	öd	B LSD	öd	AxB LSD	öd	
Ispanak Kök	Cd0	3,17	3,42	2,42	2,25	2,81	
	Cd1	3,42	2,08	4,00	2,75	3,06	
	Cd2	2,92	3,08	2,75	2,17	2,73	
	<b>Ort</b>	<b>3,17</b>	<b>2,86</b>	<b>3,06</b>	<b>2,39</b>		
	A LSD	öd	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

**Çizelge Ek.1.14.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök krom içeriklerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama			
		T0	T1	T2	T3				
Cr içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Cd0	1,25 b A	1,25 a A	1,08 a A	1,00 a A	1,15 b		
		Cd1	1,67 b A	1,25 a A	1,42 a A	1,17 a A	1,38 b		
		Cd2	2,75 a A	1,58 a B	1,58 a B	1,25 a B	1,79 a		
	<b>Ort</b>	<b>1,89</b>	<b>A</b>	<b>1,36</b>	<b>B</b>	<b>1,36</b>	<b>B</b>	<b>1,14</b>	<b>B</b>
	A LSD<0,01	0,404	B LSD<0,01	0,350	AxB LSD<0,05	0,516			
Ispanak Kök	Cd0	23,00	39,67	25,25	24,00	27,98 a			
	Cd1	13,50	16,17	20,00	15,83	16,38 b			
	Cd2	23,58	16,50	19,67	16,42	19,04 ab			
	<b>Ort</b>	<b>20,03</b>	<b>24,11</b>	<b>21,64</b>	<b>18,75</b>				
	A LSD	öd	B LSD<0,01	9,577	AxB LSD	öd			

## Ek 2. Tavuk Gübresinin Kurşun İçeren Toprakta Yetişen Ispanak Bitkisinin Besin Elementi İçeriklerine Etkisine Ait Verileri

**Çizelge Ek.2.1.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kurşun içeriklerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Pb0	1,08	1,75	1,75	1,17	1,44 b
	Pb1	2,00	2,00	1,92	2,25	2,04 a
	Pb2	2,00	1,92	2,50	3,17	2,40 a
	<b>Ort</b>	<b>1,69</b>	<b>1,89</b>	<b>2,06</b>	<b>2,19</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,519	AxB <sub>LSD</sub>	öd
Ispanak Kök	Pb0	0,50	0,83	0,62	2,42	1,14 c
	Pb1	3,00	2,67	3,42	3,83	3,23 b
	Pb2	9,92	7,67	8,42	7,17	8,29 a
	<b>Ort</b>	<b>4,47</b>	<b>3,72</b>	<b>4,59</b>	<b>4,47</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	1,572	AxB <sub>LSD</sub>	öd

**Çizelge Ek.2.2.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök azot içeriklerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Pb0	2,19	2,47	2,41	2,42	2,37
	Pb1	2,36	2,55	2,39	2,18	2,37
	Pb2	2,68	2,61	2,24	2,35	2,47
	<b>Ort</b>	<b>2,41</b>	<b>2,54</b>	<b>2,35</b>	<b>2,32</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
Ispanak Kök	Pb0	1,79	1,75	1,70	1,68	1,73
	Pb1	1,78	1,85	1,80	1,34	1,69
	Pb2	1,69	1,52	1,62	1,32	1,54
	<b>Ort</b>	<b>1,76</b>	<b>A 1,70</b>	<b>A 1,71</b>	<b>A 1,45</b>	<b>B</b>
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,250	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

**Çizelge Ek.2.3.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök fosfor içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
P içeriği (%)	Ispanak Yaprak	Pb0	0,72	0,81	0,76	0,86	0,79
		Pb1	0,69	0,75	0,84	0,85	0,78
		Pb2	0,78	0,86	0,86	0,82	0,83
		<b>Ort</b>	<b>0,73</b>	<b>B 0,81</b>	<b>A 0,82</b>	<b>A 0,84</b>	<b>A</b>
		A LSD<0,05	0,070	B LSD	öd	AxB LSD	öd
	Ispanak Kök	Pb0	0,68	0,71	0,53	0,67	0,65
		Pb1	0,66	0,83	0,67	0,56	0,68
		Pb2	0,58	0,66	0,61	0,61	0,61
		<b>Ort</b>	<b>0,64</b>	<b>AB 0,73</b>	<b>A 0,61</b>	<b>B 0,61</b>	<b>B</b>
		A LSD<0,05	0,096	B LSD	öd	AxB LSD	öd

**Çizelge Ek.2.4.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök potasyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
K içeriği (%)	Ispanak Yaprak	Pb0	5,71	6,72	6,79	7,16	6,59
		Pb1	5,73	6,60	6,61	6,60	6,39
		Pb2	6,88	6,47	6,54	6,79	6,67
		<b>Ort</b>	<b>6,11</b>	<b>6,60</b>	<b>6,65</b>	<b>6,85</b>	
		A LSD	öd	B LSD	öd	AxB LSD	öd
	Ispanak Kök	Pb0	4,98	3,80	3,68	4,34	4,20
		Pb1	3,93	3,00	4,15	3,42	3,62
		Pb2	3,21	3,50	4,31	3,96	3,74
		<b>Ort</b>	<b>4,04</b>	<b>3,43</b>	<b>4,05</b>	<b>3,91</b>	
		A LSD	öd	B LSD	öd	AxB LSD	öd

**Çizelge Ek.2.5.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kalsiyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Ca içeriği (%)	Ispanak Yaprak	Pb0	1,20	1,38	1,55	1,37	1,37
		Pb1	1,17	1,36	1,49	1,34	1,34
		Pb2	1,54	1,42	1,37	1,54	1,47
		<b>Ort</b>	<b>1,30</b>	<b>1,39</b>	<b>1,47</b>	<b>1,42</b>	
		A LSD	öd	B LSD	öd	AxB LSD	öd
	Ispanak Kök	Pb0	1,37	1,06	1,01	0,99	1,11
		Pb1	0,95	0,95	0,92	1,30	1,03
		Pb2	1,01	0,95	0,98	0,93	0,97
		<b>Ort</b>	<b>1,11</b>	<b>0,99</b>	<b>0,97</b>	<b>1,07</b>	
		A LSD	öd	B LSD	öd	AxB LSD	öd



**Çizelge Ek.2.6.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök magnezyum içeriklerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Pb0	0,50 b B	0,72 a A	0,74 a A	0,66 a A	0,66 ab
	Pb1	0,55 b A	0,65 a A	0,66 a A	0,64 a A	0,63 b
	Pb2	0,78 a A	0,67 a A	0,67 a A	0,71 a A	0,71 a
	<b>Ort</b>	<b>0,61</b>	<b>0,68</b>	<b>0,69</b>	<b>0,67</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub> < 0,05	0,052	AxB <sub>LSD</sub> < 0,01	0,140	
Ispanak Kök	Pb0	0,96	1,01	1,08	1,03	1,02
	Pb1	1,04	1,00	1,03	1,10	1,04
	Pb2	0,99	0,95	1,14	0,99	1,02
	<b>Ort</b>	<b>1,00</b>	<b>0,99</b>	<b>1,09</b>	<b>1,04</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.2.7.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök sodyum içeriklerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Pb0	0,29	0,31	0,31	0,33	0,31
	Pb1	0,28	0,31	0,32	0,31	0,30
	Pb2	0,33	0,30	0,31	0,33	0,32
	<b>Ort</b>	<b>0,30</b>	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>	<b>0,32</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Ispanak Kök	Pb0	0,33	0,33	0,35	0,35	0,34
	Pb1	0,35	0,34	0,40	0,28	0,34
	Pb2	0,32	0,33	0,36	0,32	0,33
	<b>Ort</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>0,37</b>	<b>0,32</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.2.8.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök demir içeriklerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Pb0	65,75	69,67	82,00	68,33	71,44
	Pb1	67,58	68,42	72,75	65,75	68,63
	Pb2	82,08	73,75	70,08	103,50	82,35
	<b>Ort</b>	<b>71,81</b>	<b>70,61</b>	<b>74,94</b>	<b>79,19</b>	
A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
Ispanak Kök	Pb0	1522,00	1067,58	1372,58	969,00	1232,79
	Pb1	1486,25	821,00	1060,67	1110,58	1119,63
	Pb2	1390,75	1264,42	1355,92	935,33	1236,60
	<b>Ort</b>	<b>1466,33</b>	<b>A 1051,00</b>	<b>B 1263,06</b>	<b>AB 1004,97</b>	<b>B</b>
A <sub>LSD</sub> < 0,01	380,520	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.2.9.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök bakır içeriklerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Ispanak Yaprak	Pb0	5,86	7,12	7,27	8,34	7,15
	Pb1	6,47	7,61	7,51	7,03	7,15
	Pb2	7,27	7,41	7,81	7,70	7,55
	<b>Ort</b>	<b>6,53</b>	<b>7,38</b>	<b>7,53</b>	<b>7,69</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
Ispanak Kök	Pb0	19,94	16,12	19,02	20,23	18,83
	Pb1	16,72	15,87	20,08	16,45	17,28
	Pb2	16,12	16,63	20,21	17,54	17,63
	<b>Ort</b>	<b>17,59</b>	<b>16,21</b>	<b>19,77</b>	<b>18,07</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

**Çizelge Ek.2.10.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök çinko içeriklerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama			
		T0	T1	T2	T3				
Ispanak Yaprak	Pb0	31,69	36,85	37,27	45,10	37,73			
	Pb1	35,12	37,03	38,47	40,39	37,75			
	Pb2	37,07	40,63	41,68	41,60	40,25			
	<b>Ort</b>	<b>34,63</b>	<b>B</b>	<b>38,17</b>	<b>AB</b>	<b>39,14</b>	<b>AB</b>	<b>42,36</b>	<b>A</b>
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	5,664	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd			
Ispanak Kök	Pb0	40,34	43,39	30,74	31,32	36,45			
	Pb1	34,89	37,53	45,04	30,39	36,96			
	Pb2	34,16	30,90	32,11	31,95	32,28			
	<b>Ort</b>	<b>36,46</b>	<b>37,27</b>	<b>35,97</b>	<b>31,22</b>				
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd			

**Çizelge Ek.2.11.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök mangan içeriklerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama			
		T0	T1	T2	T3				
Ispanak Yaprak	Pb0	84,17	113,33	127,50	115,67	110,17 ab			
	Pb1	91,17	110,75	105,17	115,00	105,52 b			
	Pb2	120,92	121,67	119,33	128,00	122,48 a			
	<b>Ort</b>	<b>98,75</b>	<b>B</b>	<b>115,25</b>	<b>A</b>	<b>117,33</b>	<b>A</b>	<b>119,56</b>	<b>A</b>
	A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	15,866	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	13,740	AxB <sub>LSD</sub>	öd			
Ispanak Kök	Pb0	82,08	70,50	83,92	91,33	81,96			
	Pb1	85,25	74,17	73,25	103,75	84,10			
	Pb2	103,50	82,25	92,92	81,75	90,10			
	<b>Ort</b>	<b>90,28</b>	<b>75,64</b>	<b>83,36</b>	<b>92,28</b>				
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd			

**Çizelge Ek.2.12.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök bor içeriklerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
B içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	41,91	28,76	36,22	33,29	35,05
		Pb1	25,52	30,43	35,57	25,96	29,37
		Pb2	32,63	29,91	27,81	40,46	32,70
	<b>Ort</b>	<b>33,35</b>	<b>29,70</b>	<b>33,20</b>	<b>33,23</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Pb0	11,55	22,10	20,94	13,09	16,92
		Pb1	17,35	26,22	19,22	8,50	17,82
		Pb2	11,65	15,29	18,91	10,46	14,08
		<b>Ort</b>	<b>13,52</b>	<b>21,20</b>	<b>19,69</b>	<b>10,68</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.2.13.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök kadmiyum içeriklerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Cd içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	0,50	0,58	0,67	0,58	0,58
		Pb1	0,67	0,58	0,58	0,67	0,63
		Pb2	0,67	0,50	0,67	0,75	0,65
	<b>Ort</b>	<b>0,61</b>	<b>0,56</b>	<b>0,64</b>	<b>0,67</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Pb0	1,25	1,42	1,50	1,58	1,44
		Pb1	1,42	1,33	1,50	1,33	1,40
		Pb2	1,25	1,42	1,75	1,67	1,52
		<b>Ort</b>	<b>1,31</b>	<b>C 1,39</b>	<b>BC 1,58</b>	<b>A 1,53</b>	<b>AB</b>
	A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	0,177	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.2.14.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin ıspanak bitkisinin yaprak ve kök krom içeriklerine etkisi

Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama	
		T0	T1	T2	T3		
Cr içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Ispanak Yaprak	Pb0	1,00	1,00	1,25	1,00	1,06
		Pb1	0,92	1,08	1,00	1,17	1,04
		Pb2	1,00	1,00	1,08	1,17	1,06
	<b>Ort</b>	<b>0,97</b>	<b>1,03</b>	<b>1,11</b>	<b>1,11</b>		
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Ispanak Kök	Pb0	8,83	9,08	14,92	8,17	10,25
		Pb1	16,08	8,58	8,33	11,50	11,13
		Pb2	13,08	15,67	10,83	9,08	12,17
		<b>Ort</b>	<b>12,67</b>	<b>11,11</b>	<b>11,36</b>	<b>9,58</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Ek 3. Tavuk Gübresinin Kadmiyum İçeren Toprakta Yetişen Marul Bitkisinin Besin Elementi İçeriklerine Etkisine Ait Verileri**

**Çizelge Ek.3.1.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kadmiyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Cd içerikleri (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	0,50 A	0,58 b A	0,50 b A	0,58 b A	0,54 c
		Cd1	26,83 B	35,25 a AB	36,50 a A	33,83 a AB	33,10 b
		Cd2	46,42 A	40,67 a A	31,58 a B	39,42 a AB	39,52 a
		<b>Ort</b>	<b>24,58</b>	<b>25,50</b>	<b>22,86</b>	<b>24,61</b>	
	A LSD	öd	B LSD<0,01	6,036	AxB LSD<0,05	8,913	
	Marul Kök	Cd0	0,63	0,33	0,33	0,42	0,41 c
		Cd1	36,17	26,50	45,33	68,75	44,19 b
		Cd2	92,50	55,75	63,58	62,17	68,50 a
		<b>Ort</b>	<b>48,41</b>	<b>A 27,53</b>	<b>B 36,42 AB</b>	<b>43,78</b>	<b>A</b>
	A LSD<0,05	15,320	B LSD<0,01	17,719	AxB LSD	öd	

**Çizelge Ek.3.2.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök azot içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
N içeriği (%)	Marul Yaprak	Cd0	2,34 c A	2,67 b A	2,45 b A	2,51 b A	2,49 b
		Cd1	3,21 b A	3,20 a A	3,18 a A	3,54 a A	3,28 a
		Cd2	3,87 a A	3,66 a AB	2,99 a C	3,20 a BC	3,43 a
		<b>Ort</b>	<b>3,14</b>	<b>3,18</b>	<b>2,87</b>	<b>3,08</b>	
	A LSD	öd	B LSD<0,01	0,328	AxB LSD<0,05	0,484	
	Marul Kök	Cd0	0,59 c A	1,03 a A	0,96 a A	0,94 b A	0,88 b
		Cd1	1,70 b AB	0,97 a B	1,09 a B	2,13 a A	1,47 a
		Cd2	2,49 a A	1,52 a B	1,50 a B	1,80 a AB	1,83 a
		<b>Ort</b>	<b>1,59</b>	<b>AB 1,17</b>	<b>B 1,18</b>	<b>AB 1,62</b>	<b>A</b>
	A LSD<0,01	0,443	B LSD<0,01	0,384	AxB LSD<0,01	0,767	

**Çizelge Ek.3.3.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök fosfor içeriklerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Marul Yaprak	Cd0	0,49 b A	0,52 a A	0,51 b A	0,48 b A	0,50 b
	Cd1	0,57 a A	0,53 a B	0,55 a AB	0,54 a AB	0,55 a
	Cd2	0,57 a A	0,55 a A	0,50 b B	0,50 ab B	0,53 a
	<b>Ort</b>	<b>0,55 A</b>	<b>0,53 AB</b>	<b>0,52 BC</b>	<b>0,50 C</b>	
A LSD<0,05	0,024	B LSD<0,01	0,028	AxB LSD<0,05	0,042	
Marul Kök	Cd0	0,35 b A	0,43 a A	0,36 a A	0,43 a A	0,39
	Cd1	0,47 b AB	0,31 a B	0,36 a AB	0,51 a A	0,41
	Cd2	0,63 a A	0,35 a B	0,44 a B	0,42 a B	0,46
	<b>Ort</b>	<b>0,48 A</b>	<b>0,36 B</b>	<b>0,38 B</b>	<b>0,46 AB</b>	
A LSD<0,01	0,096	B LSD	öd	AxB LSD<0,01	0,166	

**Çizelge Ek.3.4.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök potasyum içeriklerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Marul Yaprak	Cd0	5,48	6,16	5,97	5,78	5,85 b
	Cd1	6,44	6,04	6,54	6,26	6,32 a
	Cd2	6,33	6,19	5,96	6,03	6,13 ab
	<b>Ort</b>	<b>6,09</b>	<b>6,13</b>	<b>6,15</b>	<b>6,02</b>	
A LSD	öd	B LSD<0,01	0,367	AxB LSD	öd	
Marul Kök	Cd0	56,17	102,03	97,77	123,17	94,78
	Cd1	107,03	67,47	70,87	181,33	106,68
	Cd2	81,00	85,30	121,17	162,80	112,57
	<b>Ort</b>	<b>81,40 B</b>	<b>84,93 B</b>	<b>96,60 B</b>	<b>155,77 A</b>	
A LSD<0,01	41,423	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

**Çizelge Ek.3.5.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kalsiyum içeriklerine etkisi

Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
		T0	T1	T2	T3	
Marul Yaprak	Cd0	0,82	0,88	0,86	0,82	0,85 b
	Cd1	0,97	0,93	1,01	0,93	0,96 a
	Cd2	1,08	1,07	0,93	0,94	1,00 a
	<b>Ort</b>	<b>0,96</b>	<b>0,96</b>	<b>0,93</b>	<b>0,89</b>	
A LSD	öd	B LSD<0,01	0,093	AxB LSD	öd	
Marul Kök	Cd0	0,49	0,48	0,90	0,65	0,63
	Cd1	0,51	0,80	0,95	0,65	0,73
	Cd2	0,88	0,99	0,68	0,62	0,79
	<b>Ort</b>	<b>0,62</b>	<b>0,76</b>	<b>0,84</b>	<b>0,64</b>	
A LSD	öd	B LSD	öd	AxB LSD	öd	

**Çizelge Ek.3.6.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök magnezyum içeriklerine etkisi

Mg içeriği (%)	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
	Marul Yaprak	Cd0	0,26	0,30	0,27	0,26	0,27 b
		Cd1	0,29	0,29	0,30	0,28	0,29 ab
		Cd2	0,33	0,36	0,28	0,29	0,32 a
		<b>Ort</b>	<b>0,29</b>	<b>0,31</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>	
	A LSD	öd	B LSD<0,01	0,035	AxB LSD	öd	
	Marul Kök	Cd0	0,63 a AB	0,50 a B	0,95 a A	0,42 a B	0,62 a
		Cd1	0,54 a AB	0,89 a A	0,71 ab AB	0,35 a B	0,62 a
		Cd2	0,50 a A	0,81 a A	0,42 b A	0,58 a A	0,58 a
		<b>Ort</b>	<b>0,55 BC</b>	<b>0,73 A</b>	<b>0,69 AB</b>	<b>0,45 C</b>	
	A LSD<0,01	0,179	B LSD	öd	AxB LSD<0,05	0,419	

**Çizelge Ek.3.7.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök sodyum içeriklerine etkisi

Na içeriği (%)	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
	Marul Yaprak	Cd0	0,28	0,32	0,30	0,30	0,30 b
		Cd1	0,33	0,31	0,33	0,33	0,33 a
		Cd2	0,32	0,33	0,31	0,32	0,32 a
		<b>Ort</b>	<b>0,31</b>	<b>0,32</b>	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>	
	A LSD	öd	B LSD<0,01	0,018	AxB LSD	öd	
	Marul Kök	Cd0	7,30 a B	11,03 a A	10,30 ab AB	11,30 a A	9,98
		Cd1	10,47 a B	8,30 a B	8,60 b B	14,33 a A	10,43
		Cd2	7,57 a C	9,40 a BC	12,27 a AB	13,60 a A	10,71
		<b>Ort</b>	<b>8,44 B</b>	<b>9,58 B</b>	<b>10,39 B</b>	<b>13,08 A</b>	
	A LSD<0,01	2,580	B LSD	öd	AxB LSD<0,05	3,300	

**Çizelge Ek.3.8.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök demir içeriklerine etkisi

Fe içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
	Marul Yaprak	Cd0	148,42	123,25	143,00	160,42	143,77
		Cd1	141,58	115,58	120,75	145,25	130,79
		Cd2	143,83	170,17	135,08	126,58	143,92
		<b>Ort</b>	<b>144,61</b>	<b>136,33</b>	<b>132,94</b>	<b>144,08</b>	
	A LSD	öd	B LSD	öd	AxB LSD	öd	
	Marul Kök	Cd0	12043,17 a A	6980,67 b AB	12251,50 a A	4307,67 a B	8895,75
		Cd1	7854,00 a B	14322,33 a A	8784,83 ab AB	1741,33 a C	8175,63
		Cd2	7014,33 a AB	12184,83 ab A	4654,00 b B	6524,00 a AB	7594,29
		<b>Ort</b>	<b>8970,50 A</b>	<b>11162,61 A</b>	<b>8563,44 A</b>	<b>4191,00 B</b>	
	A LSD<0,01	3457,255	B LSD	öd	AxB LSD<0,01	5988,142	

**Çizelge Ek.3.9.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök bakır içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Cu içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	6,03	4,99	3,89	4,11	4,76
		Cd1	6,48	3,43	3,73	4,60	4,56
		Cd2	3,44	3,70	5,09	3,42	3,92
		<b>Ort</b>	<b>5,32</b>	<b>4,04</b>	<b>4,24</b>	<b>4,04</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Cd0	17,36	14,70	18,41	12,79	15,82
		Cd1	14,96	18,93	22,42	15,27	17,90
		Cd2	19,29	18,68	16,13	17,65	17,94
		<b>Ort</b>	<b>17,20</b>	<b>17,43</b>	<b>18,99</b>	<b>15,24</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.3.10.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök çinko içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Zn içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	18,28	17,05	14,56	15,74	16,41
		Cd1	17,08	14,37	16,14	15,69	15,82
		Cd2	16,46	16,72	15,05	15,27	15,88
		<b>Ort</b>	<b>17,27</b>	<b>16,05</b>	<b>15,25</b>	<b>15,57</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Cd0	36,71	30,16	39,99	26,28	33,29
		Cd1	33,26	36,86	37,77	28,74	34,16
		Cd2	33,68	38,81	29,27	32,77	33,63
		<b>Ort</b>	<b>34,55</b>	<b>35,28</b>	<b>35,68</b>	<b>29,26</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.3.11.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök mangan içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Mn içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	59,75	62,83	59,75	57,25	59,90
		Cd1	49,92	62,25	52,75	57,58	55,63
		Cd2	51,00	64,25	60,33	57,25	58,21
		<b>Ort</b>	<b>53,56 B</b>	<b>63,11 A</b>	<b>57,61 AB</b>	<b>57,36 AB</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	6,312	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Cd0	372,33 a A	202,17 b BC	353,00 a AB	134,00 a C	265,37
		Cd1	257,58 a A	386,00 a A	400,58 a A	75,17 a B	279,83
		Cd2	235,75 a AB	350,00 ab A	193,58 b B	191,75 a B	242,77
		<b>Ort</b>	<b>288,56 A</b>	<b>312,72 A</b>	<b>315,72 A</b>	<b>133,64 B</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	118,823	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	151,966	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

**Çizelge Ek.3.12.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök bor içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
B içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	34,27 a AB	37,92 a A	19,67 b BC	13,48 b C	26,34 b
		Cd1	26,54 a A	36,25 a A	38,95 a A	33,91 a A	33,91 ab
		Cd2	39,50 a AB	45,46 a A	24,22 ab B	37,01 a AB	36,55 a
		<b>Ort</b>	<b>33,44 AB</b>	<b>39,88 A</b>	<b>27,62 B</b>	<b>28,14 B</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	10,044	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	8,699	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	17,397	
	Marul Kök	Cd0	23,19	27,14	26,72	25,25	25,58 b
		Cd1	27,61	27,21	27,67	33,42	28,98 ab
		Cd2	31,81	36,34	34,08	35,88	34,53 a
		<b>Ort</b>	<b>27,54</b>	<b>30,23</b>	<b>29,49</b>	<b>31,51</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	7,518	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.3.13.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kurşun içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Pb içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	0,42	1,00	0,92	1,75	1,02
		Cd1	1,17	1,42	1,67	0,75	1,25
		Cd2	1,08	1,75	2,25	1,17	1,56
		<b>Ort</b>	<b>0,89</b>	<b>1,39</b>	<b>1,61</b>	<b>1,22</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Cd0	4,00 a AB	6,25 a A	2,67 b B	3,83 a AB	4,19 ab
		Cd1	5,25 a A	1,83 b A	3,92 b A	3,42 a A	3,60 b
		Cd2	5,58 a AB	4,92 ab AB	8,00 a A	2,92 a B	5,35 a
		<b>Ort</b>	<b>4,94</b>	<b>4,33</b>	<b>4,86</b>	<b>3,39</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	1,315	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	3,561	

**Çizelge Ek.3.14.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kadmiyum ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök krom içeriklerine etkisi

	Bitki	Kadmiyum Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Cr içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Cd0	7,83 a A	4,08 b B	4,42 a B	4,17 a B	5,13
		Cd1	4,50 b AB	6,25 ab A	3,92 a B	2,50 a B	4,29
		Cd2	4,25 b AB	6,42 a A	3,92 a B	2,50 a B	4,27
		<b>Ort</b>	<b>5,53 A</b>	<b>5,58 A</b>	<b>4,08 AB</b>	<b>3,06 B</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	1,768	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	2,262	
	Marul Kök	Cd0	105,92 a AB	81,83 b AB	147,50 a A	50,83 a B	96,52
		Cd1	68,17 a BC	182,58 a A	120,25 ab AB	13,17 a C	96,04
		Cd2	70,50 a A	102,58 ab A	44,25 b A	61,25 a A	69,65
		<b>Ort</b>	<b>81,53 AB</b>	<b>122,33 A</b>	<b>104,00 A</b>	<b>41,75 B</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	49,566	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	85,851	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.



**Ek 4. Tavuk Gübresinin Kurşun İçeren Toprakta Yetişen Marul Bitkisinin Besin Elementi İçeriklerine Etkisine Ait Verileri**

**Çizelge Ek.4.1.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kurşun içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Pb içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	0,75	0,50	0,67	0,25	0,54 b
		Pb1	1,92	2,58	2,08	2,17	2,19 a
		Pb2	2,67	2,83	2,08	2,25	2,46 a
		<b>Ort</b>	<b>1,78</b>	<b>1,97</b>	<b>1,61</b>	<b>1,56</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,615	AxB <sub>LSD</sub>	öd
	Marul Kök	Pb0	5,25	10,25	7,33	7,67	7,63 c
		Pb1	12,83	14,17	12,42	14,00	13,35 b
		Pb2	14,17	17,17	19,83	18,75	17,48 a
		<b>Ort</b>	<b>10,75</b>	<b>A 13,86</b>	<b>A 13,19</b>	<b>A 13,47</b>	<b>A</b>
		A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	2,141	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	2,511	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

**Çizelge Ek.4.2.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök azot içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
N içeriği (%)	Marul Yaprak	Pb0	2,15	2,40	2,23	2,13	2,22
		Pb1	2,47	2,26	2,50	2,27	2,37
		Pb2	2,51	2,30	2,35	2,04	2,30
		<b>Ort</b>	<b>2,37</b>	<b>A 2,32</b>	<b>A 2,36</b>	<b>A 2,15</b>	<b>B</b>
		A <sub>LSD&lt;0,05</sub>	0,168	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
	Marul Kök	Pb0	0,60	0,91	0,77	0,79	0,77 b
		Pb1	1,07	0,95	0,91	1,09	1,01 a
		Pb2	1,00	0,75	1,10	0,84	0,92 a
		<b>Ort</b>	<b>0,89</b>	<b>0,87</b>	<b>0,93</b>	<b>0,91</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	0,151	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

**Çizelge Ek.4.3.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök fosfor içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
P içeriği (%)	Marul Yaprak	Pb0	0,50	0,51	0,51	0,48	0,50
		Pb1	0,50	0,49	0,53	0,49	0,50
		Pb2	0,49	0,51	0,48	0,47	0,49
		<b>Ort</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,51</b>	<b>0,48</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Pb0	0,32	0,41	0,31	0,34	0,35 b
		Pb1	0,44	0,38	0,38	0,38	0,40 a
		Pb2	0,38	0,37	0,42	0,37	0,39 ab
		<b>Ort</b>	<b>0,38</b>	<b>0,39</b>	<b>0,37</b>	<b>0,36</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	0,041	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.4.4.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök potasyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
K içeriği (%)	Marul Yaprak	Pb0	5,78	5,82	5,51	5,60	5,68
		Pb1	5,77	5,54	6,27	5,71	5,82
		Pb2	5,78	5,99	5,84	5,34	5,74
		<b>Ort</b>	<b>5,78</b>	<b>5,78</b>	<b>5,88</b>	<b>5,55</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Pb0	1,86	7,73	1,79	2,16	2,14 b
		Pb1	2,72	2,68	2,61	2,45	2,62 a
		Pb2	2,44	2,33	3,06	2,43	2,56 a
		<b>Ort</b>	<b>2,34</b>	<b>2,58</b>	<b>2,49</b>	<b>2,35</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	0,403	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.4.5.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kalsiyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Ca içeriği (%)	Marul Yaprak	Pb0	0,78	0,85	0,91	0,77	0,83
		Pb1	0,83	0,72	0,84	0,76	0,79
		Pb2	0,77	0,79	0,78	0,70	0,76
		<b>Ort</b>	<b>0,79</b>	<b>0,79</b>	<b>0,85</b>	<b>0,74</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Pb0	0,53	0,46	0,61	0,53	0,53
		Pb1	0,46	0,40	0,39	0,61	0,46
		Pb2	0,45	0,45	0,65	0,60	0,54
		<b>Ort</b>	<b>0,48</b>	<b>0,44</b>	<b>0,55</b>	<b>0,58</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

**Çizelge Ek.4.6.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök magnezyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Mg içeriği (%)	Marul Yaprak	Pb0	0,27	0,27	0,29	0,25	0,27
		Pb1	0,28	0,25	0,28	0,28	0,27
		Pb2	0,27	0,28	0,27	0,25	0,27
		<b>Ort</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>0,28</b>	<b>0,26</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Pb0	0,72	0,42	0,70	0,60	0,61
		Pb1	0,45	0,39	0,47	0,58	0,47
		Pb2	0,52	0,56	0,54	0,59	0,55
		<b>Ort</b>	<b>0,56</b>	<b>0,46</b>	<b>0,57</b>	<b>0,59</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.4.7.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök sodyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Na içeriği (%)	Marul Yaprak	Pb0	0,29	0,26	0,29	0,29	0,28
		Pb1	0,29	0,28	0,31	0,29	0,29
		Pb2	0,28	0,28	0,30	0,28	0,29
		<b>Ort</b>	<b>0,29</b>	<b>0,28</b>	<b>0,30</b>	<b>0,29</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Pb0	0,17 b AB	0,23 a A	0,16 b B	0,17 a AB	0,18 b
		Pb1	0,25 a A	0,23 a A	0,21 ab A	0,21 a A	0,23 a
		Pb2	0,22 ab AB	0,21 a B	0,27 a A	0,20 a B	0,22 a
		<b>Ort</b>	<b>0,21</b>	<b>0,22</b>	<b>0,21</b>	<b>0,19</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,031	AxB <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,062	

**Çizelge Ek.4.8.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök demir içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Fe içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	91,58 a B	124,08 b B	278,00 a A	171,08 b B	166,19 b
		Pb1	121,25 a B	177,58 b B	199,83 a AB	287,08 b A	196,44 ab
		Pb2	121,83 a C	289,92 a AB	198,75 a BC	319,67 a A	232,54 a
		<b>Ort</b>	<b>111,56 B</b>	<b>197,19 A</b>	<b>225,53 A</b>	<b>259,28 A</b>	
	A <sub>LSD&lt;0,01</sub>	74,662	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	47,743	AxB <sub>LSD&lt;0,05</sub>	95,487	
	Marul Kök	Pb0	13378,08	5992,92	12040,58	9811,42	10305,75 a
		Pb1	6798,92	5908,08	7883,08	6942,25	6883,08 b
		Pb2	9378,08	10388,08	5823,92	8792,25	8595,58 ab
		<b>Ort</b>	<b>9851,69</b>	<b>7429,69</b>	<b>8582,53</b>	<b>8515,31</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	2557,428	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

**Çizelge Ek.4.9.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök bakır içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Cu içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	3,99	3,24	4,25	3,67	3,79
		Pb1	4,33	4,32	4,13	4,25	4,26
		Pb2	4,96	4,08	3,48	4,36	4,22
		<b>Ort</b>	<b>4,42</b>	<b>3,88</b>	<b>3,95</b>	<b>4,09</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
	Marul Kök	Pb0	18,01	12,62	15,40	13,82	14,96
Pb1		14,84	12,08	14,02	12,64	13,39	
Pb2		15,86	15,09	14,18	13,85	14,74	
		<b>Ort</b>	<b>16,23</b>	<b>13,26</b>	<b>14,53</b>	<b>13,44</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

**Çizelge Ek.4.10.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök çinko içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Zn içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	13,47	12,69	16,18	14,62	14,24
		Pb1	13,75	14,84	14,23	14,93	14,44
		Pb2	15,28	15,72	14,84	14,62	15,11
		<b>Ort</b>	<b>14,17</b>	<b>14,42</b>	<b>15,08</b>	<b>14,72</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
	Marul Kök	Pb0	36,15	32,61	30,97	29,32	32,26
Pb1		30,05	26,91	30,22	28,42	28,90	
Pb2		32,65	33,59	28,75	28,47	30,86	
		<b>Ort</b>	<b>32,95</b>	<b>31,04</b>	<b>29,98</b>	<b>28,74</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

**Çizelge Ek.4.11.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök mangan içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Mn içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	56,58	57,25	67,33	57,00	59,54
		Pb1	56,08	53,50	59,92	59,58	57,27
		Pb2	58,25	65,33	62,83	58,92	61,33
		<b>Ort</b>	<b>56,97</b>	<b>58,69</b>	<b>63,36</b>	<b>58,50</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd
	Marul Kök	Pb0	380,92	166,17	332,58	259,50	284,79
Pb1		188,75	165,42	229,67	181,75	191,40	
Pb2		253,75	266,58	262,17	239,67	255,54	
		<b>Ort</b>	<b>274,47</b>	<b>199,39</b>	<b>274,81</b>	<b>226,97</b>	
		A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

**Çizelge Ek.4.12.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök bor içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
B içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	37,30	37,52	35,73	35,11	36,42
		Pb1	40,32	35,39	30,42	47,23	38,34
		Pb2	36,00	36,60	41,32	36,35	37,57
		<b>Ort</b>	<b>37,87</b>	<b>36,50</b>	<b>35,82</b>	<b>39,56</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Pb0	37,94	37,54	29,30	23,95	32,18
Pb1		30,68	31,18	29,36	25,22	29,11	
Pb2		33,11	26,60	38,63	33,96	33,08	
		<b>Ort</b>	<b>33,91</b>	<b>31,78</b>	<b>32,43</b>	<b>27,71</b>	
A <sub>LSD</sub>		öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.4.13.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök kadmiyum içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Cd içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	0,50	0,50	0,58	0,58	0,54
		Pb1	0,50	0,67	0,58	0,58	0,58
		Pb2	0,58	0,67	0,50	0,42	0,54
		<b>Ort</b>	<b>0,53</b>	<b>0,61</b>	<b>0,56</b>	<b>0,53</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Pb0	0,42	1,08	0,58	0,75	0,71 b
Pb1		1,08	1,17	1,08	1,08	1,10 a	
Pb2		0,92	0,83	1,25	0,92	0,98 ab	
		<b>Ort</b>	<b>0,81</b>	<b>1,03</b>	<b>0,97</b>	<b>0,92</b>	
A <sub>LSD</sub>		öd	B <sub>LSD&lt;0,01</sub>	0,323	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

**Çizelge Ek.4.14.** Toprağa artan dozlarda uygulanan kurşun ve tavuk gübresinin marul bitkisinin yaprak ve kök krom içeriklerine etkisi

	Bitki	Kurşun Dozları (mg kg <sup>-1</sup> )	Tavuk Gübresi (kg da <sup>-1</sup> )				Ortalama
			T0	T1	T2	T3	
Cr içeriği (mg kg <sup>-1</sup> )	Marul Yaprak	Pb0	1,83	3,00	5,58	2,67	3,27 ab
		Pb1	2,58	1,92	2,83	3,50	2,71 b
		Pb2	2,83	4,75	4,58	5,25	4,35 a
		<b>Ort</b>	<b>2,42</b>	<b>3,22</b>	<b>4,33</b>	<b>3,81</b>	
	A <sub>LSD</sub>	öd	B <sub>LSD&lt;0,05</sub>	1,264	AxB <sub>LSD</sub>	öd	
	Marul Kök	Pb0	116,58	48,00	105,33	104,83	93,69
Pb1		88,08	76,83	61,67	85,33	77,98	
Pb2		78,75	113,25	57,58	82,75	83,08	
		<b>Ort</b>	<b>94,47</b>	<b>79,36</b>	<b>74,86</b>	<b>90,97</b>	
A <sub>LSD</sub>		öd	B <sub>LSD</sub>	öd	AxB <sub>LSD</sub>	öd	

Büyük harfler yatay karşılaştırmayı, küçük harfler düşey karşılaştırmayı ifade etmektedir.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı : Sita Sanele Kunene  
Doğum Yeri ve Yılı : Swaziland, Hhhohho ve 03.08.1988  
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)  
Lise : Mankayane Lisesi  
Lisans : Swaziland Üniversitesi  
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi  
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Hluti Central Lisesi/2010 - 2011  
Mvimbeko Lisesi/2011- 2015

İletişim (e-posta) : kunenes94@gmail.com

Yayınları :

**Ekpo, M.O., Sita, S.K. 2010.** Influence of growing media on stem diameter and ecological characteristics of *Pinus patula* seedlings in Switzerland. *World Journal of Agricultural Science*, 6(6), 652-659.

**Keskin, E., Kunene, S.S., Çelik, H. 2019.** Composting materials used for ornamental plants. I<sup>th</sup>. International Ornamental Plants Congress. Bursa Turkey. 9-11 Oct, 2019. Abstract Book p. 294.