



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURŞUN VE ÇİNKO TOKSİSİTESİNİN
GİDERİLMESİNDE ZEOLİT KULLANIMININ
ETKİSİ**

YASEMİN YÜKSEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2011

**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KURŞUN VE ÇİNKO TOKSİSİTESİNİN GİDERİLMESİNDE ZEOLİTİN ETKİSİ

YASEMİN YÜKSEL

**Bu tez,
Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.**

KAHRAMANMARAŞ, Eylül 2011

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Yasemin YÜKSEL tarafından hazırlanan “**Kurşun ve Çinko Toksikitesinin Giderilmesinde Zeolitin Etkisi**” adlı bu tez, jürimiz tarafından 07/09/2011 tarihinde oy birliği ile Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Kadir YILMAZ
Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Hüseyin DİKİCİ
Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Sermin AKINCI
Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Hakkı ALMA
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İmza

YASEMİN YÜKSEL

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinasyon Birimi ve TEMA Vakfı tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2010/2-16 YLS

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

KURŞUN VE ÇİNKO TOKSİSİTESİNİN GİDERİLMESİNDE ZEOLİTİN ETKİSİ

YASEMİN YÜKSEL

ÖZ

Zeolitin adsorbsiyon özelliğinden yararlanılarak yapılmış olan bu araştırmada, toprakta bulunan Zn ve Pb ağır metallerinin adsorbe edilerek hem çevreye yayılımı hem de canlılar üzerindeki toksik etkisinin azaltılması amaçlanmıştır. Ordu ilinden getirilen, pH'sı 5.20 olan topraklara farklı oranlarda zeolit ile değişik dozlarda Zn ve Pb ağır metalleri ilave edilmiş, sera koşullarında yetiştirilen ıspanak (*Spinacia Oleracea*) bitkisinin ağır metal alım düzeyi incelenmiştir.

Yapılan araştırma sonuçlarına göre; artan zeolit dozları (%0, %2, %4, %6, %8) karşısında bitkilerce absorbe edilen ağır metal oranlarının giderek azaldığı, yetiştirilen bitkilerin büyümesi üzerine Pb ve Zn ağır metallerinin toksik etkisinin zeolit tarafından önlendiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Zeolit, Adsorbsiyon, Absorbsiyon, Ağır Metaller (Zn, Pb), Ispanak (*Spinacia Oleracea*)

**Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Eylül/2011**

Danışman: Prof.Dr. KADİR YILMAZ

Sayfa sayısı: 57

EFFECT OF ZEOLITE ON INTAKE OF HEAVY METALS

YASEMİN YÜKSEL

ABSTRACT

In this study, it is assumed that intake of heavy metals by plants and by living things is stopped/reduced by stopping/reducing dispersion rate of heavy metals in the environment by means of their adsorption by zeolites and different ratios of zeolite and different doses of heavy metals of Zn and Pb are added to soils with a pH value of 5.2 which are received from Ordu province, and study is carried out to see if the heavy metal intake level of spinach plant grown under greenhouse conditions is reduced or not.

When results of the study are considered, it is observed that the rates of absorbed heavy metals are progressively reduced vis-a-vis increased doses of zeolite (0%, 2%, 4%, 6%, 8%). And as regards the effects of heavy metal and zeolite doses on growth of plants grown, the toxic effects of heavy metals on plants are observed to diminish depending on the increased rates of zeolite.

Key Words: Zeolite, Adsorption, Absorption, Heavy Metals (Zn, Pb), Spinach (*Spinacia Oleracea*)

Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Institute of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science, September, 2011

Supervisor: Prof. Dr. Kadir YILMAZ

Page number:57

ÖZET

Günümüzde pestisitler, besin elementleri, kirli sulama sularının tarımda kullanımı ve endüstriyel aktiviteler topraklarda ağır metal kirliliğine neden olmaktadır. Bu durum tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda önem kazanmakta, ürünü etkileyerek insan sağlığını tehdit etmektedir. Topraklardaki ağır metaller bitkilerin yeşil aksam ve köklerin birikmektedir. Son yıllarda topraklardaki ağır metal kirliliği çağımızın evrensel bir sorunu haline gelmiştir. Bu araştırma ile Ordu ilinden getirilen düşük pH' ya sahip topraklara farklı oranlarda zeolit ile farklı dozlarda Zn ve Pb ağır metalleri ilave edilmiş, zeolit uygulamalarına bağlı olarak sera koşullarında yetiştirilen ıspanak bitkisinin ağır metal alım düzeyinin azalıp azalmadığı araştırılmıştır.

Araştırma sonuçlarında zeolit uygulamasının bitkilerin topraktan kaldırdıkları Pb düzeylerinde ve bitki boyu gelişimindeki etkilerinde istatistiksel olarak önemli düzeylerde farklılıklar gözlenmiştir. Bu bulgular zeolit uygulaması ile ıspanak bitkisinin topraktan Pb alımında yarı yarıya bir azalmanın mümkün olabileceğini göstermiştir. Çinko toksitesine bağlı olarak bitkilerin ağırlıklarında ve uzunluklarında önemli değişimler gözlenmiş olup, artan çinko konsantrasyonuna bağlı olarak bitkinin uzunluğu ve ağırlığında azalmalar gözlenmiştir. Ancak yüksek çinko uygulamalarında uygulanan zeolit dozları etkisiz kalmıştır. Bu da bize yüksek Zn kirliliklerinde bitkinin toksiteden etkilenmesinin kaçınılmaz olduğunu göstermiştir.

Uygulanan Pb ve Zn ağır metal uygulamalarında zeolitinin etkisinin araştırıldığı bu çalışmada yukarıdaki bulgular doğrultusunda, özellikle yüksek düzeylerdeki Zn kirliliği oluşturulan alanlarda zeolit uygulamasının Zn toksitesinin önlenmesinde fazla etkili olmadığı, ancak uygulanan Pb dozları ile düşük ve orta düzeydeki Zn uygulamalarında %4-6 aralığındaki bir zeolit uygulamasının etkili olabileceği, zeolit uygulaması ile topraktan bitkiye ağır metal geçişlerinin önemli düzeylerde azaltılabileceği, ayrıca ağır metalin bitkideki toksik etkilerinin azaltılmasından dolayı bitki veriminin arttırılabileceği bulgulardan elde edilmiştir.

EFFECT OF ZEOLITE ON UPTAKE OF HEAVY METALS

SUMMARY

Currently, pesticides, nutrient elements, use of waste water in agriculture and industrial activities cause heavy metal contamination in soils. This condition gains importance in fields of agricultural production and it threatens human health by affecting the crop. The heavy metals contained in soil accumulate in green parts and in roots of plants. During recent years, heavy metal contamination in soils has become a universal problem of our age. In this study, different ratios of zeolite and different doses of heavy metals of Zn and Pb are added to soils with a low pH value which are received from Ordu province, and study is carried out to see if the heavy metal intake level of spinach plant grown under greenhouse conditions is reduced or not by depending on zeolite applications.

In the study results, differences at considerable levels are observed statistically in Pb uptake levels of plants from soil and in their effects on plant length development according to zeolite application. These findings indicated that the Pb intake of spinach plant from soil could reduce by half by zeolite application. Considerable variations are observed in weights and lengths of plants depending on zinc toxicity and reductions in the plant length and weight were observed depending on the increased zinc concentration. However, zeolite doses that were applied at high zinc applications proved to be ineffective. And this showed us that effect on the plant form toxicity at elevated Zn contaminations is unavoidable.

According to the above mentioned findings of this study, where effect of zeolite on Pb and Zn heavy metal applications is investigated, it is understood from the acquired findings that zeolite application is not very effective in preventing Zn toxicity in fields where particularly high levels of Zn contamination has formed, however, a zeolite application in the range of 4 to 6 % could be effective with the applied Pb doses and low and medium level Zn applications, and that heavy metal transfers from soil to plant could be reduced at considerable levels by means of zeolite application, and thus, the yield could be increased by virtue of reduction in the toxic effects of the heavy metal on the plant.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesinde göstermiş olduğu her türlü yardım ve özverisinden dolayı danışman hocam Prof. Dr. Sayın Kadir YILMAZ 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

TEMA Vakfı genel müdürü Prof. Dr. Sayın Orhan Doğan hocama manevi desteklerinden ve katkılarından dolayı ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışmanın istatistiklerinin tamamlanmasında değerli zamanını esirgemeyen Prof.Dr. Sayın İrfan Ersin Akıncı' ya, laboratuvar çalışmalarındaki yardımları için Ziraat Mühendisi Gül Demet Dünder'a, Arş.Gör. Ahu Alev Abacı'ya, Arş.Gör. Mehmet Karagöktaş'a ve tüm laboratuvar arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Ve hayatımın her anında daima yanımda olan anneme ve babama minnettarım.

Eylül 2011, KAHRAMANMARAŞ

Yasemin YÜKSEL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	I
ABSTRACT	II
ÖZET	III
SUMMARY	IV
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
RESİMLER DİZİNİ	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	
2.1. Ağır Metaller ve Zeolit Dışındaki Materyallerin Adsorbant Olarak Kullanımına Yönelik Çalışmalar	2
2.2. Zeolitin Adsorbant Olarak Kullanımına Yönelik Çalışmalar.....	11
3. MATERYAL METOD	
3.1. MATERYAL.....	15
3.2. METOD	15
3.2.1. Denemenin Kurulması.....	15
3.2.2. Toprak Reaksiyonu (pH)	16
3.2.3. Toplam Tuz	16
3.2.4. Kireç	16

3.2.5. Būnye.....	17
3.2.6. Organik Madde.....	17
3.2.7. Bitki Analizi.....	18
3.2.8. İstatiksel Analiz.....	18
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	
4.1. BULGULAR.....	19
4.1.1. Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları.....	19
4.1.2. Ağır Metal Adsorbsiyonları.....	19
4.1.2.1. Kurşun Adsorbsiyon Konsantrasyonları.....	19
4.1.2.2. Çinko Adsorbsiyon Konsantrasyonları.....	33
5. SONUÇLAR.....	47
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABA	: Absisik Asit	Mg	: Magnezyum
As	: Arsenik	Mg kg⁻¹	: Miligram/Kilogram
Ca	: Kalsiyum	Mg l⁻¹	: Miligram/Litre
Cd	: Kadmiyum	mm	: Milimetre
cm	: Santimetre	Mn	: Mangan
Cr	: Krom	N	: Azot
Co	: Kobalt	NH₄⁺	: Amonyum
Cu	: Bakır	NaNO₃	: Sodyum Nitrat
DTPA	: Dietilentriamin Pentaasetik Asit	NH₄OAC	: Amonyum Asetat
Fe	: Demir	Ni	: Nikel
GA3	: jiberelik Asit	P	: Fosfor
HClO₄	: Perklorik Asit	Pb	: Kurşun
Hg	: Civa	pH	: Hidrojen Konsantrasyonunun Negatif Logaritması
HNO₃	: Nitrik Asit	Zn	: Çinko
K	: Potasyum	µgg⁻¹	: Mikrogram/Gram
KDK	:Kasyon Değişim Kapasitesi		
Mn	: Mangan		

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 1. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitkisinin gelişim performansları	22
Resim 2. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitkisinin gelişim performansları	34

ÇİZELGELER DİZİNİ		Sayfa
Çizelge 4.1	Toprak ve zeolit örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri	19
Çizelge 4.2	Zeolit ve Pb uygulaması sonucunda yetişen ıspanak bitkisinin köklerinde ölçülen ortalama kurşun konsantrasyonları (mgkg^{-1})	21
Çizelge 4.3	Zeolit ve Pb uygulaması sonucunda ıspanak yapraklarında ölçülen ortalama Pb konsantrasyonları (mgkg^{-1}).	22
Çizelge 4.4	Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda ıspanakta bitki boyu uzunlukları (cm)	24
Çizelge 4.5	Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta bitki yaş ağırlıkları (gr)	25
Çizelge 4.6	Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök boyu uzunlukları (cm)	27
Çizelge 4.7	Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök yaş ağırlıkları (gr)	28
Çizelge 4.8	Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök kuru ağırlıkları (gr)	29
Çizelge 4.9	Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta yaprak boyu uzunlukları (cm)	30
Çizelge 4.10	Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta yaprak yaş ağırlıkları (gr).	31
Çizelge 4.11	Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta yaprak kuru ağırlıkları (gr)	33
Çizelge 4.12	Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitki boyları (cm)	36
Çizelge 4.13	Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitki yaş ağırlıkları (gr).	37
Çizelge 4.14	Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök boyları (cm)	39
Çizelge 4.15	Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök yaş ağırlıkları (gr)	40
Çizelge 4.16	Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök kuru ağırlıkları (gr)	41
Çizelge 4.17	Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak yaprak boyları (cm)	42

Çizelge 4.18	Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak yaş yaprak ağırlıkları (gr)	44
Çizelge 4.19	Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak yaprak kuru ağırlıkları (gr)	45

1.GİRİŞ

Dünya da toprak kullanım teknolojileri, pestisitler, besin elementleri (Radthe, 1993; Mull ve Nordmeyer, 1994), kirli sulama sularının tarımda kullanımı, kanalizasyon atığı, endüstriyel aktiviteler, benzin ve otomobil lastikleri ile trafikten kaynaklanan atıklar topraklarda ağır metal kirliliğine neden olmaktadır. Ağır metal kirliliği giderek tarımsal alanları tehdit etmekte ve besin zinciri ile insan sağlığına önemli düzeyde zarar vermektedir (Schicker ve Hadar, 1999). Ağır metaller bitkilerde çeşitli konsantrasyonlarda bulunabilirler, fakat bazı durumlarda öngörülen sınırın üzerine çıkarlar (Markert, 1993). Bu durum tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda önem kazanmakta, ürünü etkileyerek insan sağlığını tehdit etmektedir (Spona ve Baum, 1993). Topraklardaki ağır metaller bitkilerde yeşil aksamda ve köklerde birikmektedir. Topraklardaki ağır metal kirliliği çağımızın evrensel bir sorunu haline gelmiştir.

Çeşitli nedenlerden dolayı topraklarda bulunan ağır metallerin -özellikle de kimyasal fabrikalar etrafında bulunan tarım arazilerinde yetiştirilen ürünler ve kanalizasyon sularıyla sulanan tarım arazileri- doğaya yayılımı ile bitkilere ve dolayısıyla da hayvanlara ve insanlara geçerek toksik etkiye neden olduğu bilinmektedir. Zeolitin adsorbe edici özelliğinden yararlanılarak yapılmış olan bu araştırmada, toprakta bulunan ağır metaller adsorbe edilerek hem çevreye yayılımı hemde canlılar üzerindeki toksik etkisinin azaltılması düşünülmüştür.

Bu araştırma ile Ordu ilinden getirilen düşük pH' ya sahip topraklara farklı oranlarda zeolit ile farklı dozlarda Zn ve Pb ağır metalleri ilave edilmiş, hazırlanan ortamlarda sera koşullarında yetiştirilen ıspanak bitkisinin ağır metal alım düzeyinin zeolit uygulamalarına bağlı olarak değişip değişmediği incelenmiştir.

Yapılan bu araştırmada ağır metallerin zeolitler tarafından adsorbe edilerek, çevreye yayılım oranlarının durmasıyla/azalmasıyla birlikte bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından bünyelerine alınması durdurulmuş/azaltılmış olması varsayılmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dünyada ağır metal kirliliği üzerine yapılan araştırmalar son yıllarda önemli düzeyde artış göstermiş ve bu çalışmalar özellikle ağır metallerin bitkiler ile olan etkileşimleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Ağır metallerin toprak kolloidleri tarafından tutulması, bitkiler tarafından alımı ve toprak profili içerisindeki hareketine etki eden faktörlerin neler olduğunun bilinmesi önem taşımakta, bu kapsamda ağır metallerin bitkiler tarafından topraktan yüksek düzeydeki alımlarının önlenmesine yönelik çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Ağır metallerin toksik etkilerinin önlenmesine yönelik olarak, toprakta bulunan zeolit, organik madde ve kil mineralleri gibi maddelerin davranışları önem kazanmaktadır. Ağır metallerin toprakta bulunma pozisyonları, bitkiler tarafından alınması, bitkide yapmış olduğu etkiler ve bitkilerin topraktan alımının engellenmesine yönelik araştırmalar yapılmış olup, bu çalışmalar araştırmanın yapılmış olduğu zaman periyoduna bağlı olarak aşağıda sunulmuştur.

2.1. Ağır Metaller ve Zeolit Dışındaki Materyallerin Adsorbant Olarak Kullanımına Yönelik Çalışmalar

Shuman (1979), killi ve organik madde kapsamı yüksek olan topraklarda Zn, Cu ve Mn'nin, kumlu ve düşük katyon değişim kapasitesine sahip topraklara göre daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu, killi topraklarda çinko ve bakırın büyük bir kısmının toprağın kil fraksiyonunda bulunurken, kumlu topraklarda mikro elementlerin daha çok organik madde tarafından tutulduğunu belirtmiştir.

Marschner (1983), yaptığı çalışmada, ağır metallerin toprakta oldukça fazla birikebildiğini, ağır metallerin alımında pH, killer ve organik maddenin yanı sıra rizosferdeki pH'nın etkili bir rol oynadığını belirtmiştir.

Minlin (1985), iyonların kil minerallerine aslında kimyasal olarak bağlandıklarını; bu bağın yüzeyin yapısına ve bunun iyonla olan etkileşimine bağlı olduğunu ayrıca elektrostatik bağlanmada çok değişik davranışlar gösterebildiğini belirtmiştir. Araştırmacı solüsyonun pH'sının adsorpsiyon kapasitesi üzerinde önemli etkisi olduğunu saptamıştır.

Scheidegger ve ark. (1996), toprak minerallerinin ağır metalleri adsorbe etmesinin çevre için önemini vurgulamışlar; çalışmalarında phrohyllite, jibs, kaolinit ve montmorillonitin pH 7.5'de Ni adsorpsiyonu üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda ilk bir saat içerisinde % 90 Ni adsorpsiyonunun hızlı bir şekilde olduğu ve daha sonra azaldığı, ayrıca kaolinitle 70 saat sonunda % 97, phrohyllitete 200 saat sonunda % 98

giderim sağlandığı, jibs ve montmorillonitte ise başlangıçta çok hızlı bir adsorpsiyon göstermesine rağmen daha sonra çok yavaşladığı ve adsorpsiyonun tamamlanmasının haftalar sürdüğü vurgulanmıştır.

Dudka ve Miller (1998) yaptıkları çalışmada, As ve Pb'den oluşan çevresel etkileri değerlendirmek ve bu metallerin topraktaki güvenilir konsantrasyonlarını belirlemek için toprak uçucu külü ve biyokatı karışımıyla deney yapmışlar ve arsenik konsantrasyonu 40 $\mu\text{g g}^{-1}$ kadar çıkarken, kurşun konsantrasyonlarının 300 $\mu\text{g g}^{-1}$ a kadar çıkabildiğini gözlemişlerdir.

Eyüpoğlu ve ark. (1998), toprakların çinko içeriğiyle ilgili yaptığı çalışmada 18 büyük toprak grubundan toprak örneği almışlar ve analiz etmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları incelemelerde toprak pH'sı ile çinko kapsamı arasında azalan doğrusal bir ilişki olduğunu, toprak pH'sının artmasıyla yarayışlı çinko içeriğinin azaldığını, toprağın tuz ve kireç kapsamı ile çinko kapsamı arasında azalan doğrusal ilişkinin önemli olmadığını ve toprağın organik madde kapsamı arttıkça yarayışlı Zn kapsamının arttığını vurgulamışlardır.

Lothenbach ve ark. (1998), tarımsal topraklardaki kirletici ağır metallerin, montmorillonit, Al-montmorillonit ve çakıllı çamur tarafından adsorpsiyonunu incelemişlerdir. Araştırma sonucunda montmorillonit ve Al-montmorillonitin çinko ve kadmiyumu tuttıkları tespit edilmiştir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada montmorillonit, çakıllı çamur ve Al-montmorilloniti kirletilmiş toprağa eklemişler ve bunların dozlarının artmasıyla birlikte çinko, kadmiyum ve NaNO_3 ekstraktı konsantrasyonlarının düştüğünü gözlemlemişlerdir. Ayrıca Al-montmorillonit ve çakıl çamurunun çinko ve kadmiyumu immobilize etmekte montmorillonite göre daha etkili olduğunu saptamışlardır.

Luczak (1998), yaptığı çalışmada, iki değişik kil minerali olan illit ve baydellit minerallerini kullanarak Pb elementinin fiksasyonunu araştırmıştır. Her iki kil mineralinin farklı yüzey alanlarına sahip olmasına rağmen Pb elementinin fiksasyon değerlerinin hemen hemen aynı olduğunu gözlemlemiş, bu nedenle immobilizasyonu asıl etkileyen faktörün yüzey alanı değil, pH olduğunu ve pH'ın düştüğünde immobilizasyonunda düştüğünü saptamıştır.

Sauve ve ark. (1998), pH 3-8 aralığında organik madde miktarına bağlı olarak Pb adsorpsiyonu üzerine çalışmışlar ve pH 3-6.5 aralığında Pb adsorpsiyonunda organik madde miktarına bağlı olmaksızın bir azalma olduğunu göstermişlerdir.

Karathanasis (1999), montmorillonit, illit, kaolinit ve karışık kil minerallerinden oluşan topraklarda Cu ve Zn adsorpsiyonu üzerine çalışmış; Zn'nin Cu'ya göre daha hareketli olduğunu ve organik karbon içeriği ve negatif yüzey yükleri yüksek olan toprakların adsorpsiyon kapasitesinin daha yüksek olduğunu bulmuştur.

Shuman (1999), ince ve kaba bünyeli iki çeşit toprakta pH 4-8 arasında Zn adsorpsiyonu ve organik madde arasındaki ilişki ile ilgili iki adet deneme yürütmüştür. Zn adsorpsiyonunun en yüksek kumlu topraklarda pH 5-7 arasında, en düşük ince bünyeli topraklarda pH 5-6 arasında gerçekleştiğini belirtmiştir. Araştırmacı sonuç olarak organik madde miktarının Zn adsorpsiyonunda kumlu topraklarda, ince bünyeli topraklara göre daha önemli olduğunu vurgulamıştır.

Wenzel ve ark. (1999)'nın topraktaki ağır metallerin bitkiler tarafından temizlenmesi üzerine yapmış olduğu araştırmada, bitkilerin ağır metallerin topraktan giderilmesinde etkili olduğu vurgulanmıştır.

Auburn, (2000) yaptığı çalışmada, düşük pH değerlerinde katyonik metallerin çözünürlüğünün daha yüksek olduğunu, anyonik elementlerde ise yükselen pH'nın zıt bir etkisi olduğunu vurgulamıştır.

Demir ve Aydın, (2000) fosseptik atıklar ile sulanan marullarda ağır metal miktarları üzerine yaptıkları çalışmada, fosseptik atıklar ile sulanan bahçelerde yetiştirilen marul bitkisi ile bu alana ait su ve toprak örneklerinin Zn, Cu, Pb, Mn ve Fe miktarlarını tayin etmişler, ayrıca bu atıkların karışmadığı fabrika deresi civarındaki marulların ve bu alana ait toprak ve su örneklerinin Zn, Cu, Pb, Mn ve Fe miktarlarını da ölçerek elde ettikleri bulgulara göre, foseptik sularla gelen Zn, Cu, Pb, Mn ve Fe miktarları diğer alana göre daha yüksek bulunmuş ve bu nedenle bu atıkların etkilediği alandaki marul ve toprak örneklerinde bu metallerin daha fazla birikim gösterdiğini belirlemişlerdir.

Gönülsüz ve Mordoğan (2000), yaptıkları çalışmada, 20 değişik şeftali bahçesinden toprak, yaprak ve meyve örnekleri almışlardır. Analizler sonucunda pH ile toprak örnekleri arasında, kil ve organik madde içerikleri ile yaprak örneklerindeki Cr ve Pb miktarları arasında negatif bir ilişki olduğunu bulmuşlardır.

Hongping ve ark. (2000), kil mineralleri ve ağır metaller arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Yaptıkları adsorpsiyon çalışmasında Ca-montmorillonit, illit ve kaolinitin Cd^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} ve Cr^{+3} iyonlarını adsorplamasını araştırmışlar ve Cr^{+3} ' un her üç kil minerali içinde en çok adsorplanan element olduğunu saptamışlardır. Bunun yanında

araştırma ile Pb^{+2} 'nin illit ve kaolinite büyük bir eğilim gösterdiğini ve Cu^{+2} 'ninde aynı düzeyde bir eğilimi montmorillonite karşı gösterdiğini, aynı zamanda solüsyon pH'sının yükseldiği durumlarda minerallerin adsorpsiyonunun da yükseldiğini saptamışlardır.

Kaya ve Ortaç (2000), yaptıkları çalışmada, kil ve kireç içeriği yüksek olan topraklarda pirit uygulamasının bitkisel verim ve toprağın bazı özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla sera ve tarla koşullarında kullanılmak üzere iki adet toprak kullanmışlardır. Test bitkisi olarak önce buğday ardından mısır ekmişler, her iki toprakta da artan pirit dozlarında buğday veriminde ve bitkinin Pb ve Zn içeriklerinde önemli bir artış saptamışlardır.

Minzuroğlu ve Gür (2000), klorür tuzu halinde uyguladıkları Hg, Zn, Ni ve Co ile nitrat tuzu halinde uygulanan Pb ve Cd gibi ağır metallerin elmada polen çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve polen çimlenmesini ve tüp büyümesini önemli oranlarda azalttığını bulmuşlardır. Klorür tuzu halinde uygulanan ağır metaller arasında en fazla toksik etkiyi Hg göstermiş olup, bunu sırasıyla Zn, Ni ve Co takip etmiştir. Nitrat tuzu halinde uygulanan ağır metallere yüksek konsantrasyonlarda Pb'un Cd'dan daha etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca ağır metallerin polen çimlenmesi ile tüp uzamasını farklı derecelerde etkileyebileceği sonucuna varmışlardır.

Türer ve ark. (2000), yol kenarında farklı yerlerden ve farklı derinliklerden aldıkları 58 adet toprak örneğini X-ray fluorescence, C-S analizi, atomik adsorpsiyon spektrofotometresinde ve X-ray difraksiyonunda incelemişlerdir. Çalışmada 0-15 cm'den alınan toprak örneklerinde ağır metal konsantrasyonunun, diğer katmanlarla karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğunu ve ağır metal varlığının derinlik ve organik karbon miktarı arttıkça azaldığını belirlemişlerdir.

Yağdı ve ark. (2000), bitkilerde ağır metal toksitesi üzerine çalışmışlar ve bitkilerde ağır metal toksitesinin enzim aktivitesinde bozulma, büyüme ve gelişmede yavaşlama, depolama faaliyetlerinde bozulma, kökte zararlar, fotosentez aktivitesinde gerileme, diğer besin elementlerinin alımında yavaşlama ve verimde düşme gibi zararlara neden olduğunu belirtmişlerdir.

Zhou ve ark. (2000), çalışmalarında, kaolinit minerallerinin Cr adsorpsiyonunu montmorillonitten daha yüksek bulmuşlardır. Aynı zamanda Cr adsorpsiyon reaksiyonunun hızlı olduğunu ve ılıman bir sıcaklıkta ilk 2 saatte dengeye ulaştığını

gözlemlemişlerdir. Kaolinit minerallerinin Cr adsorbe etmesi pH 2-7 arasında pH'nın yükselmesi halinde yükselirken, daha yüksek pH'larda düştüğünü bulmuşlardır.

Elzinga ve Sparks (2001), illit kil mineralinin pH 4.5-8 ve reaksiyon süresi 3 saat, 24 saat ve bir hafta aralıklarında Ni adsorpsiyon kapasitesini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada pH 6.5'in üzerinde Ni adsorpsiyonunun arttığını bulmuşlardır.

Singh ve ark. (2001), fosforlu killerin ortamlardaki Cd, Pb, ve Zn ağır metallerinin immobilizasyonu üzerine çalışmışlar ve bu ağır metallerin adsorplanmasında Pb>Cd>Zn sıralamasının gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir. Desorpsiyon işleminde ise tam tersi bir sıralama Zn>Cd>Pb olduğunu rapor etmişlerdir.

Balkaya ve Cesur (2002), endüstriyel bir atık olan fosfojips kullanılarak kurşun giderimini amaçladıkları çalışmada, yapmış oldukları deneysel çalışmalar sonucunda 16 mg/l kurşun içeren çözeltilerden 1,5 saat içinde %87,6 kurşun gideriminin mümkün olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu bağlamda fosfojipsin kurşun gideriminde adsorban olarak etkin bir şekilde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

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

Moral ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada, sekiz tip toprak örneğinde amonyum klorit, stransiyum klorit ve DTPA ekstraktları kullanarak Ni⁺², Cd⁺², Co⁺², Pb⁺² ve Cr⁺² element analizleri yapmışlar ve sonuç olarak metal ekstraktların, ekstraktın prosedürüne kirlenme kaynağına ve toprağın yapısına göre farklılıklar gösterdiğini saptamışlardır. Bunun yanında en iyi ekstraktın DTPA olduğu ve klorit tuzları arasında bir kıyaslama yapıldığında ise amonyum kloridin hemen hemen her topraktaki ağır metal analizleri için uygun olduğu gözlemlemişlerdir.

Hamurcu ve ark. (2003), İç Anadolu Bölgesi tarım topraklarında baskın durumda olan kil tiplerinin farklı pH aralıklarında bor adsorpsiyon izotermelerini belirlemek amacıyla çalışma yürütmüşler ve kil minerali olarak smektit ve poligorskit + kaolinitten oluşan iki farklı örnek kullanmışlardır. Her iki örnekte de çözelti pH'sının bor adsorpsiyonu üzerine oldukça etkili olduğunu tespit etmişler ve pH arttıkça belirli bir noktaya kadar bor adsorpsiyonunun arttığını daha sonra ise düştüğünü gözlemlemişlerdir.

Pavlova ve Alexandrov (2003), Doğu Rodop Dağlarında yetişen bazı bitki ve toprak örneklerindeki Ca, Cu, Ni, Mg, Co, Fe, Cr, Mn, Zn ve Pb element içeriklerini incelemek için yaptıkları çalışmada, bitkilerdeki Mg, Ca, Ni ve Fe birikiminin bitkilerde topraklara oranla daha yüksek çıktığını ve serpantinli topraklarda yüksek Fe birikiminin karakteristik olduğunu saptamışlardır.

Stevens (2003), kil yüzdesi ve organik maddesi düşük kumlu toprakların Cd tutma kapasiteleri üzerine yapmış oldukları bir çalışmada, toprak pH'sının yükselmesiyle ve Zn seviyesinin düşmesiyle bitkilerin Cd alımında bir artış gözlemlendiğini bulmuşlardır.

Topçuoğlu ve ark. (2003), sera denemesinde iki yıl yinelemeli olarak toprağa uygulanan farklı kentsel arıtma çamurlarının, domates bitkisinin bitki besin elementleri ve ağır metal içerikleri üzerine etkilerini araştırmışlar ve toprağa artan miktarlarda uygulanan arıtma çamuru ile ilgili olarak domates bitkisinin N, P, K, Ca, Mg, Pb, Zn, Ni, Mn, Cu, ve Cd içeriklerinde bir artış gözlemişlerdir.

Wang ve ark. (2003), yaptıkları saksı çalışmasında, 4 farklı düzeyde ağır metal içeren topraklarda ürün yetiştirmişler. Toprak ve ürünlerdeki ağır metalleri belirli aralıklarla ölçmüşlerdir. Sonuç olarak ürünün farklı aksamlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının farklı ve sıralamanın kök>gövde>tohum, yaprak olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca ağır metal alımlarında sıralamanın Zn,Cr>Cd,Cu>Pb şeklinde olduğunu gözlemlemişlerdir.

Janssen ve ark. (2003), pH, montmorillonit-Al polimer sisteminin Zn adsorpsiyonuna bağlılığını incelemişlerdir. Al-hidroksitin hemen hemen dolu olduğunda, kil yüzeyindeki çinko yüzeylerin önemli bir hal aldığı ve pH'nın ve çinkonun bağlanma enerjisine güçlü bir etkisinin olduğunu, pH 6.6'da bunun optimum düzeye çıktığını gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar Al:kil oranının çinko bağlamasındaki etkisi pH'ya bağlı olarak değişken, pH 6,6'da Zn bağlanmasının Al-hidroksite ve Al:kil oranına bağlı olmadığını gözlemişlerdir.

Zhang ve arkadaşlarının (2003), yaptıkları çalışmada, 1.00'den 0.053 mm'ye değişen boyutlarda 5 agregatı topraklardan kuru eleme metodu ile ayırmış ve her bir agregat fraksiyonunu fosfor ve ağır metalle işleme sokmuşlar, kil, silt ve kum fraksiyonlarındaki boyut farklılıklarının özellikle ağır metallerin tutulma kuvvetlerinde ve miktarlarında farklılıklar gösterdiğini ve agregat boyutlarının küçülmesiyle, tutulmada artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Aydın ve ark. (2004), doğal killerin ağır metalleri adsorbe etme kapasiteleri ve adsorpsiyon kapasitesinin pH ile değişimini araştırmışlar, su içerisindeki ağır metal

seviyesi 1000 mg/L konsantrasyonlarda Cu ve Zn ağır metallerini içeren stok çözeltiler, doğal kil olarak ise KDK'sı yüksek olan bentonit ve montmorillonit kullanmışlardır. Sonuç olarak Cu ağır metali için bentonit kilinin adsorpsiyon kapasitesinin montmorillonit kiline göre daha yüksek olduğu ve Zn elementi için ise her iki kil mineralinin adsorpsiyon kapasitesinin eşit olduğu belirtilmiştir.

Freibach ve Hadar (2004), yaptıkları çalışmada montmorillonitin adsorpsiyon kapasitesini kaolinitten daha yüksek bulmuşlardır. Araştırmacılar bu durumun montmorillonitin yüzey alanının kaolinite göre daha yüksek olmasından dolayı olduğunu belirtmişlerdir.

Çamur ve Yazıcıgil (2005), yaptıkları çalışmada; smektit, kuvars, kalsit ve illit minerallerinden oluşan toprakta Fe, Cd, Cr, K, Cu, Ni, Mn, Pb ve Zn ağır metallerinin iyon değişimini incelemişler ve kullanılan çözeltiler konsantrasyonu aralığında Cd, Cu, Cr, Fe, K, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerini toprak adsorbe ederken, Ca, Mg, Na metallerini bünyesinden çözeltilere aktardıklarını (desorpsiyon) belirlemişlerdir.

Ingwersen ve Street (2005), atık su ile sulanan topraklarda ürünlerin Cd alımını incelemek için basit bir proses modeli oluşturarak topraktaki Cd seviyesini istenilen düzeyde tutarak yapmış oldukları çalışmada, 40 yıldır atık su ile sulanan topraklarda 2 yıl boyunca şeker pancarı, patates ve buğday yetiştirmişler, bu bitkilerde ve topraktaki Cd konsantrasyonlarında doğrusal bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Ayrıca havanın durumuna göre Cd alımında değişimler olduğunu ve Cd alımında terlemenin önemli bir rolü olduğunu vurgulamışlardır.

Alkan ve ark.(2006), Cr⁺⁶ ve Zn⁺² metallerinin aktif çamur sistemine toksik etkilerini araştırdığı çalışmada, Cr⁺⁶ metalinin aktif çamur sistemine karşı Zn⁺² metaline göre daha toksik olduğu sonucuna varmışlardır.

Uluocak ve ark. (2006), farklı kil minerali tiplerine sahip üç toprakta, ağır metallerin adsorpsiyonu ve sera koşullarında Cu ve Zn elementlerinin salatalık bitkisi (*Cucumis sativus* L. cu. Beith Alpha) tarafından alımını araştırmışlardır. Simektit, illit ve kaolinitce zengin topraklara farklı konsantrasyonlarda Zn ve Cu uygulanmıştır. Salatalık bitkisinin Cu alımı, en yüksek kaolinitce zengin topraklarda görülmüş ve bunu sırasıyla illit ve simektitce zengin toprakların takip ettiğini, Zn alımının ise yine en yüksek kaolinitce zengin topraklarda olduğunu ve illitce ve simektitce zengin toprakların aynı sırayı izlediğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak baskın olan bu kil tiplerinin topraklarda bulunan metal toksisitesinde etkili olduğunu ve

toprakların bu etkisinin kil minerali içeriğine göre sırasıyla simektit, illit ve kaolinitce zengin topraklar olarak sıralandığını belirtmişlerdir.

Asri ve Sönmez (2007), ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada, ağır metalin tür ve miktarı, yarayışlılığı, zararın şiddeti ve türü ayrıca zarar oluşum sürecinin bilinmesinin bitkilerin gelişimi ve canlılığı açısından önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Kabata-Pendias ve Mukherjee (2007), topraklarda Zn dağılımının yaklaşık % 60'ını kil fraksiyonunun kontrol ettiğini, alkalın pH koşullarında Zn'nun kimyasal bağlanmaya maruz kaldığını, Al, Fe ve Mn oksit ve hidroksitlerin, karbonatların ve fosfat bileşiklerinin ise Zn'nun bitkiler tarafından alınamaz konuma dönüşmesinde etkili olduğunu vurgulamıştır.

Yüksel ve ark. (2007), metal kaplama endüstrisi atık suyundan ağır metal iyonlarının pirinç kabuğuna bağlanabilirliği incelemişler ve metal iyon adsorbsiyon için adsorbent seçiciliğini: Pb>Cu>Cd>Zn şeklinde sıralamışlardır.

Uluocak ve Yılmaz, (2009), salatalık bitkisinin nikel ve kadmiyum alımına toprakların kil minerali içeriklerinin etkilerini araştırdıkları çalışmada; smektit, illit ve kaolinit kil minerallerinin baskın olduğu topraklar materyal olarak seçilmiş, sera koşullarında salatalık bitkisi yetiştirmişlerdir. Bölünmüş parseller şeklinde düzenledikleri denemede bitkilere Ni için 0, 50, 100, 150 mgkg⁻¹, Cd için 0, 5, 10, 15 mgkg⁻¹ dozundaki çözeltilerden uygulamışlardır. Artan nikel konsantrasyonuna bağlı olarak topraktan kaldırılan Ni düzeylerinde farklılığı gözlemlemişlerdir. En yüksek nikel kaldırımını bütün uygulama dozlarında kaolinitce baskın toprakta gözlemlemişler ve bunu simektit ve illitce baskın toprakların izlediğini belirtmişlerdir. En yüksek nikel kaldırımının ise 100 mgkg⁻¹ dozda kaolinitce baskın toprakta olduğunu bildirmişlerdir. Uygulanan Cd konsantrasyonuna bağlı olarak bitkinin kaldırdığı Cd düzeylerinin de farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Toprak çeşitlerine bağlı olarak Cd kaldırımını en yüksek kaolinitce baskın topraklarda gözlemlemişler ve bunu sırasıyla illit ve smektitce baskın toprakların izlediğini belirtmişlerdir.

Yılmaz ve ark. (2009), Pb'nin sera koşullarında yetiştirdikleri patlıcan fidelerinin (*Solanum melongena*) besin içeriği ve büyümesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Tesadüf bloklarına göre düzenlenen denemede 75, 150 ve 300 mg l⁻¹ Pb uygulamasını 3 tekerrürlü olarak kurmuşlardır. Artan Pb konsantrasyonlarının, patlıcan bitkisinde ölçülen

büyüme parametrelerini (kök uzunluğu ve bitki boyu; kök, sürgün ve yaprakların kuru ve yaş ağırlığı) olumsuz etkilediğini gözlemlemiştir. Yüksek dozda Pb toksisitesine maruz bırakılan patlıcan fidelerinde, köklerde gözlenen toksisitenin sürgünlerde gözlenen toksisiteden 6 kat, yapraklarda gözlenen toksisiteden ise 4 kat daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca yüksek dozlarda uygulanan Pb'yi düşük dozlarla karşılaştırdıklarında Pb'nin mineral elementlerin alımını engellediğini vurgulamışlardır. Artan dozlarda uygulanan Pb'nin, patlıcan fidelerinin büyümesi ve klorofil parametreleri üzerine toksik etki gösterdiğini ve ayrıca Pb konsantrasyonlarının stoma parametreleri üzerine de negatif bir etkisinin olduğu sonucuna varmışlardır.

Demirtaş ve ark. (2009), örtü altı domates yetiştiriciliğinde farklı dozlarda (0-2-4-6-8-10 ton/da) kullanılan mantar-kompost atığının, meyve ve toprak ağır metal kirliliği üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Cam sera koşullarında domates yetiştirme döneminde tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürüttükleri deneme sürecinde organik maddece zengin mantar kompostu uygulanan parsellerden alınan meyve ve toprak örneklerinde ağır metal (Cd, Pb, Ni) analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre, meyve ve toprak ağır metal içeriklerinin izin verilebilir sınır değerleri aşmadığını gözlemlemiştir.

Ergün ve Öncel (2009), ekmeklik buğdayda ilk gelişme döneminde kök ve gövde büyümesi üzerine kurşun (Pb), çinko (Zn), kadmiyum (Cd) ve ağır metal-hormon uygulamalarının etkilerini araştırdıkları çalışmada; her üç ağır metalin yüksek konsantrasyonları ve bu ağır metallerle birlikte uygulanan hormonların (ABA ve GA3) buğday bitkisinin kök ve sürgün büyümesini engellediğini ve aynı zamanda ağır metallerin konsantrasyon ve uygulama süresinin artışına paralel olarak kök ve sürgün büyümesinin engellenmesi arasında bir paralellik olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışılan parametreler üzerinde genel olarak en fazla toksik etkiyi Cd'un gösterdiğini, Cd'u Pb ve Zn'nin izlediği sonucuna varmışlardır.

Hüseyinova ve ark. (2009), Ordu ilindeki fındık (*Corylus avellana*) bahçelerinde, yol kenarlarındaki kirlenmiş doğal bitki yapraklarında ve kirlenmemiş alanlar üzerinde sülfür ve ağır metal içerikleri üzerinde bir araştırma yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda kirlenmiş ve kirlenmemiş alanlar arasında ağır metal içerikleri yönünden istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiş ve ağır metal içeriğinin Fe>Zn>Cu sırası ile azaldığını belirtmişlerdir.

Akıncı ve ark.(2010), 0, 75, 150 ve 300 mg^l⁻¹ Pb dozları uygulayarak kurşun toksisitesinin, domates bitkisinin kök, sürgün, yaprakları ile klorofil ve su içerikleri üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Artan kurşun konsantrasyonlarının kök, yaprak ve sürgünlerin element alımlarını negatif etkilediğini, özellikle bunu 300 mg^l⁻¹ dozunda belirgin bir şekilde gözlemlemişlerdir. Ayrıca artan kurşun konsantrasyonlarının kök boyu, bitki ağırlığı, kök, sürgün ve yaprakların yaş ve kuru ağırlığını olumsuz bir şekilde etkilediğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak kurşun toksisitesinin, dokulardaki su içeriğini, büyüme tolerans sınırını, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriğini sınırlandırıcı bir etkiye sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Akıncı ve ark. (2010), sera koşullarında yetiştirdikleri domates fidesinde, artan dozlarda (0, 50, 100, 200 mg^l⁻¹ Mn) mangan uygulamışlardır. Uygulamaların, bitki büyümesi, mangan birikimi ve element değişimleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlamışlardır. Uygulanan 100 ve 200 mg^l⁻¹ mangan dozlarında tüm büyüme parametrelerinin azaldığını kaydetmişlerdir. Mangan dozlarının artmasıyla domates fidesindeki mangan birikiminin önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir. 50 mg^l⁻¹ de uygulanan manganın, domates fidesinin büyümesi, yapraklarındaki kalsiyum içeriği, kök-sürgün ve yapraklarda Zn içeriği hariç diğer tüm elementlerin alımı üzerine olumsuz herhangi bir etkisi olmazken, 100 ve 200 mg^l⁻¹ Mn dozları, bitkiler tarafından makro ve mikro elementlerin alımını ve bitkinin büyümesini sınırlandırdığını vurgulamışlardır. Sonuç olarak, manganın 50 mg^l⁻¹ olarak uygulanan düşük konsantrasyonu domates fideleri için olumsuz bir etki göstermezken, yüksek dozlarda uygulanan (100 ve 200 mg^l⁻¹) Mn bitkide sınırlayıcı bir etki göstermiştir.

2.2. Zeolitın Adsorbant Olarak Kullanımına Yönelik Çalışmalar

Flanigen (1981), zeolitlerin hidrate alüminyum silikat mineralleri olduğunu ve mineralin kristal kafesi içerisine su ve Na⁺, K⁺, Mg⁺², Sr⁺², Ba⁺² gibi katyonların geçebildiğini, birbirine bağlı boşluklar olduğunu belirtmiş olup, zeolit mineralinin geniş izomorfik yer değiştirme özelliği gösterdiğini ve bu nedenden dolayı yüksek bir katyon değişim kapasitesi ve toprak çözeltilisinde katyonların adsorpsiyonunda seçicilik özelliğine sahip olduğunu vurgulamıştır.

Weber ve ark. (1983), zeolitin topraktan NH_4^+ -N kaybının azaltılması üzerine etkisini araştırdıkları denemede, killi tın tekstürdeki bir toprakta NH_4^+ -N yıkanmasını azaltmak için 13.5 ton/da düzeyinde zeolite ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

Burriesci ve ark. (1984), zeolitin ıspanak üretiminde su ve gübre yararışlılığını artırıp kolaylaştırdığını belirtmişlerdir.

Tüzüner ve Tınay (1984), zeolitin tarımsal amaçla kullanımını belirlemek üzere sera ve laboratuvar koşullarında yaptıkları araştırmada; 1, 2, 4 ve 8 ton/dekar zeolit hesabı ile saksılara uygulanmış ve topraktaki yararlı su %25 düzeyine indiğinde tarla kapasitesine ulaşıncaya kadar sulama yapılmıştır. Kahverengi büyük toprak grubunda yapılan bu çalışmaya göre; kahverengi toprakların su tutma kapasitesi ince zeolit uygulaması ile % 333 artmıştır. Orta incelikteki zeolit uygulamasında ise su tutma kapasitesi % 248 olarak saptanmıştır.

Peker (1992), tarafından toksik kirleticilerin tabii yöntemlerle giderilmesine yönelik olarak yapılan bir çalışmada; yüksek konsantrasyonda Pb^{++} ve düşük konsantrasyonlarda Cu^{++} , Zn^{++} ve Cd^{++} içeren atık suların temizlenmesinde Bigadiç zeolit tüfü materyal olarak kullanılmış, elde edilen bulgular sonucunda atık sularda bulunan yukarıdaki elementlerin önemli düzeyde zeolit tarafından tutulduğu tespit edilmiştir.

Kütük ve ark. (1996), saksıda yetiştirilen fasulyelerde yaptıkları bir çalışmada, fasulye bitkisinden elde edilen ürünün yaş ve kuru ağırlığı ile toprak üstü aksamının kuru ağırlığı üzerine farklı oran ve fraksiyonlardaki zeolitin etkisinin istatistikî yönden önemli olduğunu, bu etkinin ürünün yaş ağırlığında kaba fraksiyonlu zeolitin %5 uygulamasında belirgin olduğunu bildirmişlerdir.

Altan ve ark. (1998), zeolitin alkali toprak katyonları içeren, kristal yapıda, kolay ve bol bulunan alümina silikat minerali olduğunu ve yapısında büyük değişim meydana gelmeden katyon değişim özelliği, su kaybetme ve kazanma özelliğine sahip olması ile karakterize etmişlerdir.

Rivero-Gonzales ve Rodriguez-Fuentes (1988), hidroponik ortamda doğal zeolitle domates bitkisi yetiştirildiğinde su ve gübrenin daha az kullanılmasına karşın verimin de arttığını saptamışlardır.

Ayan (2001), bitki yetiştirme ortamı olarak zeolitin kullanılabilirliğini araştırdığı çalışmasında; zeolitin yüksek katyon değişim kapasitesi, dengeli su alıp-verme, iyon değişimi,

besin alıp-verebilme gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı toprak ve substratların ıslahı ile bitki üretiminde kalite ve verimi arttırılabileceğine dair vurgularda bulunmuştur.

Türkman ve ark. (2001), doğal zeolitlerle atık sulardan kurşun giderimini çalışmışlar; aktive edilmiş zeolit için 5 ve 10 dakika karıştırma sürelerinde kurşun giderme veriminin aktive edilmemiş göre %11-%15 daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır.

Uğurlu ve Pınar (2004), tarafından doğal zeolitlerin sızıntı sularda bulunan amonyağın giderilmesine yönelik olarak yaptıkları çalışmada; Bigadiç ve Gördes yörelerinden elde edilen zeolitler araştırma materyali olarak kullanmış, her iki zeolit örneğinde de birbirine benzer düzeylerde amonyak giderimleri elde etmişlerdir. Materyallerin amonyak adsorpsiyon kapasitelerinin, sızıntı suyunda bulunan amonyak konsantrasyonu ile orantılı olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca sızıntı suyunda bulunan diğer katyonların bulunma konsantrasyonlarının, amonyak absorpsiyonunda etkili olduğunu ve bu elementlerin zeolit amonyak absorpsiyonunu kapasitesini düşürdüğünü gözlemişlerdir.

Alyüz ve Veli (2005), atıksu arıtmak için kullanılan absorbanlarla çalışmışlar; aktif karbonun yüksek maliyetli olmasından dolayı, kil ve zeolit metal bağlama kapasitelerinin yüksek oluşundan dolayı aktif karbona alternatif olabileceğini belirtmişlerdir.

Gül ve ark.(2009). Tarafından, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde 2001-2002 yılları arasında, zeolit bitkilerin potasyumca beslenmesine etkileri üzerine gerçekleştirilen çalışmada, topraksız yetiştirme ortamı olarak zeolit ve perlitin bitki gelişimi, bitkiler tarafından kaldırılan element miktarları ve yetiştirme ortamından yıkanan element miktarlarına etkisi incelenmiştir. Çalışmalarda bitkisel materyal olarak baş salata kullanılmıştır. Yetiştirme ortamı olarak ise perlit ve zeolit ; (1) %100 perlit, (2) %75 perlit + %25 zeolit, (3) %50 perlit + %50 zeolit, (4) %25 perlit + % 75 zeolit ve (5) %100 zeolitten oluşan 5 farklı ortam denenmiştir. Yetiştirme ortamının bitkilerin potasyum alımına ve ortamdaki yıkanan potasyum miktarına etkisi ile ilgili bulgular sonucunda, yetiştirme ortamına zeolit ilavesinin bitkiler tarafından kaldırılan potasyum miktarını önemli derecede artırdığını, ortamdaki yıkanan potasyum miktarını ise azalttığını ortaya koymuştur.

Gören ve Esen (2010), tıbbi atık yakma küllerinde ağır metal giderimini amaçladıkları çalışmada; külden sızıntı suyu oluşturarak Cd, Co, Cr, Fe, Cu, Ni, Mn ve Pb maddelerinin kirlilik giderimi için zeolitle stabilizasyon çalışmaları yapmışlar ve bir çok

element için son derece iyi giderim sağlamışlardır. Küle, % 17 oranında karıştırdıkları zeolitin, kurşun, nikel, mangan ve bakır için iyi bir giderim sağlarken, krom, kobalt ve kadmiyum için % 9 karışım oranının yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

3.MATERYAL VE METOT

3.1.MATERYAL

Araştırma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait seralarda yapılmıştır. Sera koşullarında yürütülen çalışmada, Ordu ili Perşembe ilçesinden alınan toprak örnekleri ve Manisa Gördes yöresinden getirilen zeolit materyal olarak kullanılmıştır. pH'sı 5.20 olan topraklarda deneme mevsimine uygun olarak ıspanak bitkisi yetiştirilmiş, değişik konsantrasyonlarda hazırlanan Pb ve Zn uygulanmıştır.

3.2.METOT

3.2.1.Denemenin Kurulması

Topraktaki ağır metallerin bitki tarafından alınmasına zeolit etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, topraklara tane boyutu 100 mikrona indirilen zeolitten ağırlık esasına göre; % 0, % 2 , % 4 , % 6, % 8 oranlarında da ilave edilmiş, ağır metal konsantrasyonları ise Pb' de; 25 - 50 - 100 - 200 mgkg⁻¹ ve Zn' de; 50 - 100 – 200 - 400 mgkg⁻¹olarak seçilmiştir. Belirlenen ağır metal ve zeolit dozları pH sı 5.20 olan toprakla karıştırılmış, hazırlanan saksılara sera koşullarında ıspanak bitkisi tohumları iki paralelli olarak ekilmiştir.

Deneme deseni planı aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi kurulmuştur;

1, 2, 3, 4 => Ağır metal dozları (Pb; 25, 50, 100, 200 mgkg⁻¹)

(Zn; 50, 100, 200, 400 mgkg⁻¹)

a, b, c, d, e => Zeolit dozları (% 0, % 2, % 4, % 6, % 8)

Pb							
1a	1a	2a	2a	3a	3a	4a	4a
1b	1b	2b	2b	3b	3b	4b	4b
1c	1c	2c	2c	3c	3c	4c	4c
1d	1d	2d	2d	3d	3d	4d	4d
1e	1e	2e	2e	3e	3e	4e	4e

Zn							
1a	1a	2a	2a	3a	3a	4a	4a
1b	1b	2b	2b	3b	3b	4b	4b
1c	1c	2c	2c	3c	3c	4c	4c
1d	1d	2d	2d	3d	3d	4d	4d
1e	1e	2e	2e	3e	3e	4e	4e

Her bir saksı, ıspanak tohumlarının ekiminden sonraki 45 gün boyunca (her bir fide 10–15 cm uzunluğa gelene kadar) 4–5 günde bir 50 ml çeşme suyu ile sulanmıştır.

Çıkışların ardından fidelere 15-15-15 gübresinden 7 gün aralıklar ile verilmiştir. Deneme iki faktörlü, iki tekerrürlü düzenlenmiş tesadüf parselleri deneme deseni olarak kurulmuş olup, her bir tekerrür 3 bitkiyi kapsamıştır.

Uygulama sonunda bitkilerden alınan yaprak ve kök örnekleri, 3 defa çeşme suyundan ve 3 defa saf sudan geçirildikten sonra 65° C'de 48 saat süreyle kurutulmuştur. Kurumuş yapraklar ve kökler öğütülmüş ve yaş yakma yapılmıştır. Daha sonra bitkilerde Pb ve Zn elementleri Perkin Elmer 3110 atomik adsorpsiyon spektrofotometresinde belirlenmiştir (Jones ve Case 1990).

3.2.2. Toprak Reaksiyonu (pH)

2 mm' lik elekten geçirilen toprak örneklerinden, 100 g tartılarak saturasyon çamuru hazırlanmıştır. Sature hale gelen toprak örneği bir gece ağzı kapalı olarak bekletilmiş, cam elektrotlu pH metre ile pH'ları ölçülmüştür (Black, 1965).

3.2.3. Toplam Tuz

Sature toprak örneklerinin total tuz içeriğini belirlemek için, toprak örnekleri elektriki iletkenlik aletinin çamur hücresine bir spatül yardımıyla aktarılmıştır. Hücre düz bir yüzeye hafifçe vurularak ve ağzına kadar doldurulduktan sonra elektriki iletkenlikleri ölçülmüştür. Total tuz aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Richards, 1954).

$$\text{Total tuz (\%)} = \frac{\text{EC} \cdot 25 \cdot 0,064 \cdot V}{100}$$

V= Suyla doygunluk (ml)

3.2.4. Kireç

2 mm' lik elekten geçirilen hava kurusu toprak örneklerinden 1g tartılarak, %10' luk HCl ile Scheibler kalsimetresinde işleme tabi tutulmuş, kalsimetrede okunan değerler aşağıdaki formülde yerine konularak topraktaki kireç miktarı tayin edilmiştir (Çağlar, 1949).

$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{V_o \cdot 0,004464}{\text{Örnek ağırlığı}} \cdot 100$$

$$V_t = \text{Kalsimetrede okunan CO}_2 \text{ (ml)}$$
$$b = \text{Hava basıncı}$$
$$e = \text{Su buharının maksimum basıncı}$$

T = Laboratuar sıcaklığı

$$V_o = \frac{V_o (b-e) 273}{760 (273 + t)}$$

3.2.5.Bünye

2 mm' lik elekten geçirilen toprak örneklerinden 50 g tartılarak saturasyon kabına konulmuştur. Üzerine 10 ml % 10 luk sodyum heksametafosfat ilave edildikten sonra, 100 ml saf su koyulup karıştırılmış ve bir gece dispersiyon için bekletilmiştir. Daha sonra toprak örnekleri mikserle aktararak, kabın üst kısmında 6 cm' lik boşluk kalana kadar saf su ilave edildikten sonra 10 dakika süreyle karıştırılmış, sürenin bitiminde toprak örnekleri cam silindire aktarıldıktan sonra el karıştırıcısı çubukla aşağı yukarı 20 defa karıştırılmış, 40. saniye ve 2. saat hidrometre okumaları yapılmıştır. Örneklerin hava kurusu rutubet içerikleri, örnekler 105 °C de kurutularak belirlenmiş ve okuma değerleri aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır (Bouyoucus, 1951).

$$Pa = \frac{40. sn. düzeltilmiş hidrometre okuması}{Fırın kurusu toprak ağırlığı (g)} * 100$$

$$Pb (\%kil) = \frac{2.sa. düzeltilmiş hidrometre okuması}{Fırın kurusu toprak ağırlığı (g)}$$

$$Pc (\%silt) = Pa - Pb$$

$$Pd (\%kum) = 100 - Pa$$

3.2.6.Organik Madde

2 mm' lik elekten geçirilen toprak örnekleri 100 mikronluk elekten geçirilmiş, bundan 0,5 g tartılarak 500 ml' lik erlenmayere konulmuştur. Üzerine 10 ml potasyum

dikromat ve 20 ml sülfürik asit ilave edildikten sonra 150 °C de 1 dakika ısıtılmış ve daha sonra soğumaya bırakılmıştır. Soğuduktan sonra 200 ml saf su ilave edilmiş ve üzerine 12-13 damla baryum difenilamin sülfanat damlatılmıştır. 0,5 N demir sülfat ile titre edilmiştir. Hazırlanan tanık ile demir sülfatın kesin normalitesi bulunmuştur. Hesaplamalarda aşağıdaki formül kullanılmıştır (Walkley, 1946).

$$O.M = \frac{(A-B * Nk) 0,581}{T}$$

A = 1N potasyum dikromattan alınan hacim (ml)

B = Titrasyonda harcanan demir sülfat (ml)

Nk = Standart demir sülfat çözeltisinin kesin normalitesi

T = Analize alınan toprak miktarı (g)

3.2.7.Bitki Analizi

Deneme sonunda bitki örnekleri toplanmış, örnekler 3 defa normal çeşme suyundan 3 defa da saf sudan geçirildikten sonra 65 °C de 48 saat süre ile kurutulmuştur. Kurumuş bitki örnekleri bitki öğütme değirmeninde öğütülmüş ve yaş yakma (HClO₄:HNO₃) işlemi ile asit içerisinde yakılmıştır. Bitkideki çinko ve kurşun Perkin Elmer 3110 atomik absorpsiyon spektrofotometresinde belirlenmiştir (Jones ve Case, 1990).

3.2.8.İstatistiksel Analiz

İki faktörlü, iki tekerrürlü faktöriyel düzenlenmiş tesadüf parselleri deneme deseni olarak kurulan denemede, faktörler arasındaki istatistiksel ilişki varyans analizi ile araştırılmıştır (Hays, 1988).

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.BULGULAR

4.1.1. Toprakların ve Zeolitlerin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Araştırmada kullanılan zeolit ve toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1. de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprak ve zeolit örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

	Bünye Sınıfı	Tane İriliği Dağılımı (%)			pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Organik Madde (%)
		Kum	Silt	Kil				
T	SCL	58.87	11.34	29.79	5.20	0.202	1.02	3.33
Z	S	91.27	6.33	2.41	8.03	0.102	1.44	0.40

T: Toprak

Z: Zeolit

4.1.2. Ağır Metal Adsorbsiyonları

4.1.2.1.Kurşun Adsorbsiyon Konsantrasyonları

Araştırmada kullanılan zeolit dozları % 0, % 2, % 4, % 6 ve % 8 olarak, Pb dozları ise 25 mgkg⁻¹, 50 mgkg⁻¹, 100 mgkg⁻¹ ve 200 mgkg⁻¹ olarak uygulanmıştır. Belirli oranlarda zeolit ve kurşun (Pb) uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitkisinin gelişim performansları Resim 1. de verilmiştir. Resim 1.' deki bitki gelişim performansları incelenecek olursa, 25 mgkg⁻¹ Pb uygulanan saksılarda % 0 zeolit dozunda bulunan bitki gelişimi artan zeolit dozlarındaki saksılara oranla zayıf olmuş, ancak zeolit oranları arttıkça Pb toksisitesinin bitki gelişimi üzerindeki olumsuz etkisi azalarak bitki gelişimi daha iyi olmuştur. 50 mgkg⁻¹ Pb ve 100 mgkg⁻¹ Pb uygulamalarında da 25 mgkg⁻¹ Pb uygulamasıyla benzer bir gelişim göstermiştir. Bitki gelişimleri 200 mgkg⁻¹ Pb uygulamasında diğer Pb uygulamalarına göre daha düşük performansı göstererek Pb nin toksik etkisi daha belirgin şekilde gözlenmiştir.

Resim 1. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitkisinin gelişim performansları



Toprağa, farklı dozlarda zeolit ve Pb uygulaması sonucunda yetişen ıspanak bitkisinin köklerinde ölçülen ortalama kurşun konsantrasyonları Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1. de verilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde ıspanak bitkisinin kökleri tarafından kaldırılan en yüksek ortalama Pb miktarı 166.17 mgkg⁻¹ ile % 0 zeolit uygulamasında, en düşük Pb alımı ise ortalama 99.32 mgkg⁻¹ ile % 8 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistik analiz sonuçlarına göre % 0, % 2, % 4 zeolit uygulamaları arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark bulunamamış ve aynı grupta yer almıştır. % 6 zeolit uygulaması % 0 ve % 4 zeolit uygulamasından, % 8 zeolit uygulaması ise tüm zeolit uygulamalarından istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Ispanak bitkisinin köklerindeki Pb düzeyleri, artan Pb uygulamalarına paralel olarak artış göstermiş olup, farklı Pb uygulamalarına bağlı olarak, köklerdeki Pb konsantrasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Köklerde ölçülen kurşun konsantrasyonuna göre, kurşun zeolit arasındaki interaksiyon da istatistiksel yönden önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Zeolit ve Pb uygulaması sonucunda yetişen ıspanak bitkisinin köklerinde ölçülen ortalama kurşun konsantrasyonları

Zeolit (%)	Pb (mgkg ⁻¹)				Ortalama
	25	50	100	200	
0	57.77h	81.31e-g	214.63bc	310.98a	166.17a
2	57.33f-h	88.60ef	190.16c	249.63b	146.43ab
4	55.24 f-h	113.22de	195.68c	307.33a	167.87a
6	55.24 f-h	77.12 e-g	146.40d	248.87b	131.91b
8	62.53 f-h	73.36 e-g	37.01gh	224.39bc	99.32c
Ort	57.62d	86.72c	156.78b	268.24a	

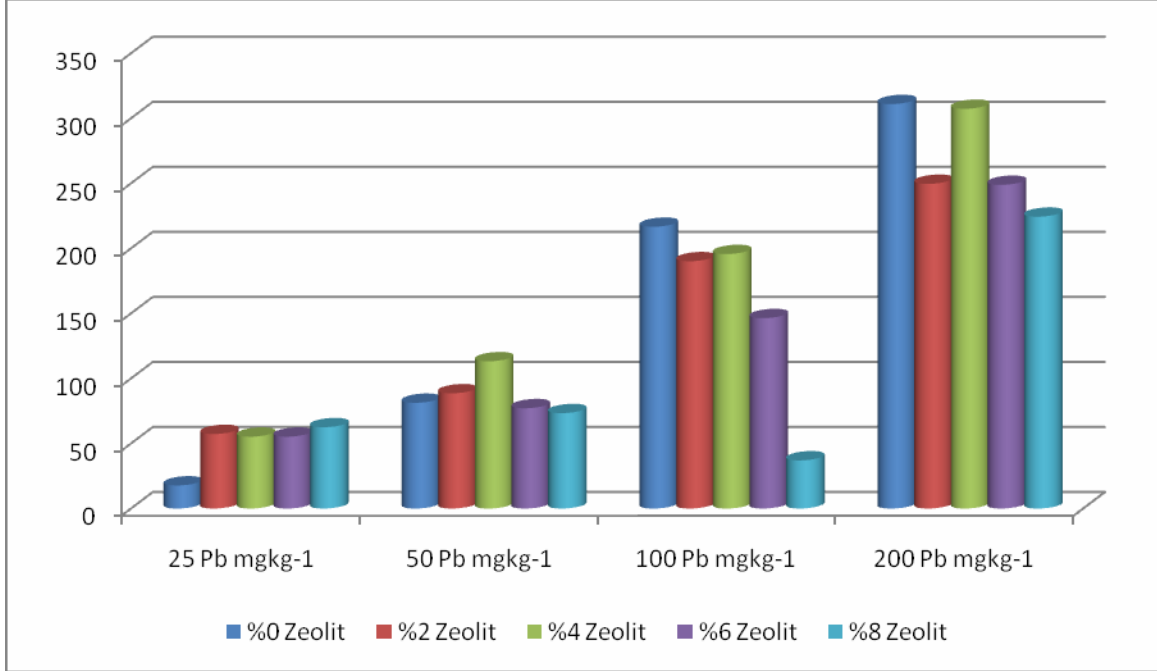
Pb>0.001; LSD : 18.41

Zeo>0.001; LSD : 20.58

PbxZeo>0.001; LSD : 41.23

Toprağa farklı dozlarda zeolit ve Pb uygulaması sonucunda yetişen ıspanak bitkisinin yapraklarında ölçülen ortalama kurşun konsantrasyonları Çizelge 4.3 ve Şekil 4.2 de gösterilmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde ıspanak bitkisinin yaprakları tarafından kaldırılan en yüksek ortalama Pb miktarı 48.48 mgkg⁻¹ ile % 0 zeolit uygulamasında, en düşük Pb alımı ise ortalama 18.75 mgkg⁻¹ ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre % 0 zeolit uygulaması diğer zeolit uygulamalarına göre

istatistiksel olarak önemli bir fark göstermiştir. % 2, % 4, % 6 ve % 8 zeolit uygulama dozları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamış, bu zeolit uygulama dozları ile % 0 zeolit dozu arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.



Şekil 4.1. Zeolit ve Pb uygulaması sonucunda yetişen ıspanak bitkisinin köklerinde ölçülen ortalama kurşun konsantrasyonları

Çizelge 4.3. Zeolit ve Pb uygulaması sonucunda ıspanak yapraklarında ölçülen ortalama Pb konsantrasyonları (mgkg⁻¹).

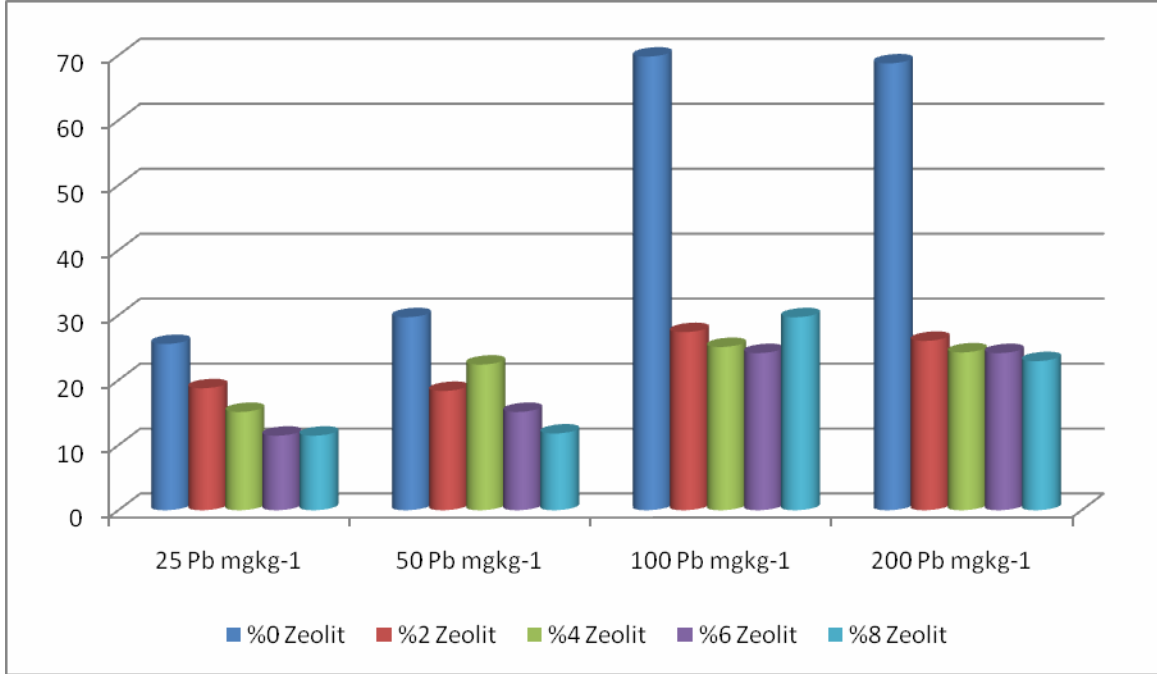
Zeolit (%)	Pb(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	25	50	100	200	
0	25.59bc	29.71b	69.83a	68.78a	48.48a
2	18.78c-e	18.36c-e	27.42bc	26.07bc	22.66b
4	15.13de	22.42b-d	25.13bc	24.30b-d	21.75b
6	11.48e	15.13de	24.19b-d	24.19 b-d	18.75b
8	11.48e	11.81e	29.71b	22.95 b-d	18.99b
Ort	16.49b	19.49b	35.26a	33.26a	

Pb>0.001; LSD: 3.86

Zeo>0.001; LSD: 4.31

PbxZeo>0.001; LSD: 8.62

Ispanak bitkisinin yapraklarındaki Pb düzeyleri, artan Pb uygulamalarına paralel olarak artış göstermiş olsa da, 25 mgkg⁻¹ ve 50 mgkg⁻¹Pb uygulamaları aynı istatistiksel grupta yer alırken, 100 mgkg⁻¹ ve 200 mgkg⁻¹ uygulama dozları ayrı bir istatistiksel grup oluşturmuştur. Bu gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Yapraklarda ölçülen kurşun konsantrasyonuna göre, kurşun zeolit arasındaki intereksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.



Şekil 4.2. Zeolit ve Pb uygulaması sonucunda yetişen ıspanak bitkisinin yapraklarında ölçülen ortalama kurşun konsantrasyonları

Kurşun ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının bitki boyu üzerine etkisi Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3 de gösterilmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama bitki boyu uzunlukları en küçük ortalama 23.7 cm ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 38.7 cm ile % 4 zeolit uygulamasında bulunmuştur. % 2 zeolit uygulaması sonucu elde edilen bitki boyu % 0 zeolit uygulamasından yüksek, % 4 zeolit uygulamasından düşük bulunmuş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İstatistik analiz sonuçlarına göre % 0 zeolit uygulaması, en düşük bitki boyu özelliği ile diğer zeolit uygulamalarından istatistiksel olarak önemli bir fark göstermiştir. En yüksek bitki boyunun gözlemlendiği % 4 zeolit uygulaması ile % 6 ve % 8 uygulama dozları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

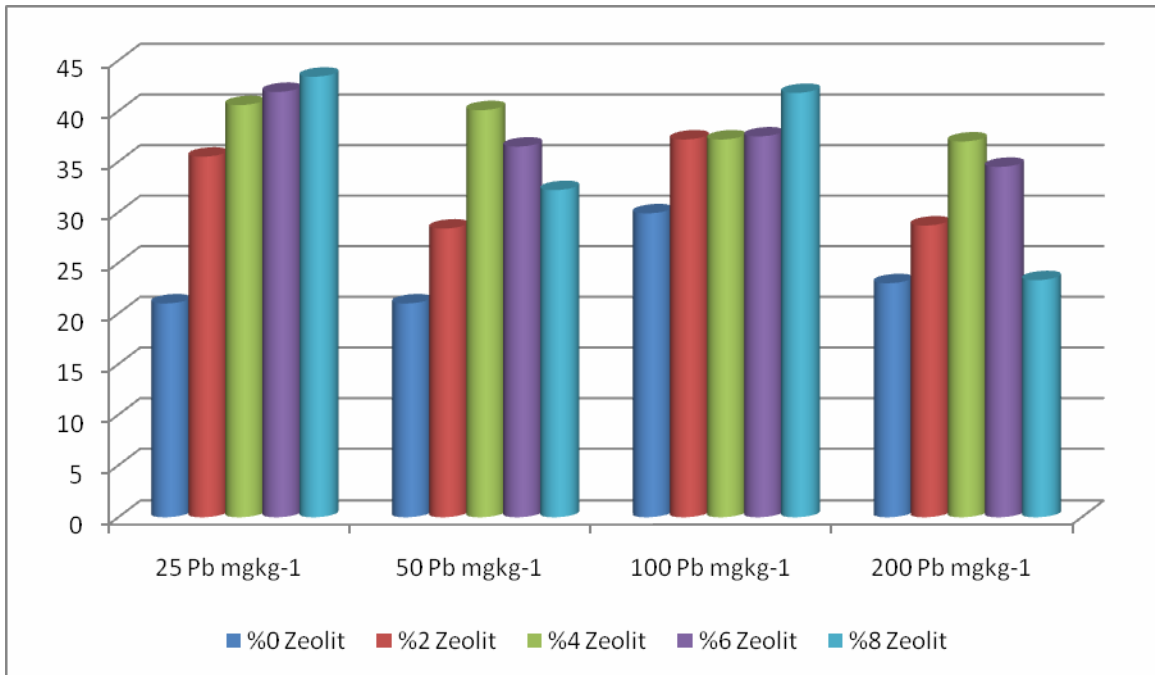
Artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak bitki boyunun incelendiğinde sadece 200 mgkg⁻¹ Pb uygulamasının 25 mgkg⁻¹ ve 100 mgkg⁻¹ Pb uygulamalarından farklı olduğu

ve en düşük bitki boyunun bu uygulamada gözlemlendiği görülmüştür. Kurşun ve zeolit uygulamalarına bağlı olarak ölçülen bitki boyları dikkate alındığında; kurşun zeolit arasındaki interaksiyon da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur

Çizelge 4.4. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda ıspanakta bitki boyu uzunlukları (cm).

Zeolit (%)	Pb(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	25	50	100	200	
0	21.0e	21.0e	29.9c-e	23.0e	23.7c
2	35.5a-c	28.4c-e	37.2a-c	28.7c-e	32.5b
4	40.6ab	40.1ab	37.2a-c	37a-c	38.7a
6	41.9a	36.5a-c	37.5a-c	34.5a-c	37.6ab
8	43.4a	32.2b-d	41.8a	23.3de	35.1ab
Ortalama	36.5a	31.6ab	36.7a	29.3b	

	P	lsd
Pb	0.001	4.94
Zeolit	0.001	5.26
PxZ	0.05	8.08



Şekil.4. 3. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta bitki boyu uzunlukları

Kurşun ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının bitki yaş ağırlığı üzerine etkisi Çizelge 4.5 ve Şekil 4.4 de verilmiştir. Çizelge 4.5 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama yaş ağırlığı en küçük ortalama 1.77 gram ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ortalama ise 5.86 gram ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre % 0 ve % 2 zeolit uygulamaları ile % 4, % 6 ve % 8 zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yine istatistiksel olarak % 4, % 6 ve % 8 zeolit uygulama dozları arasındaki fark önemli bulunmamıştır.

Artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak bitki yaş ağırlığı incelendiğinde 25 mgkg⁻¹ ve 50 mgkg⁻¹ Pb uygulamalarının istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı ve aynı grupta yer alan 100 mgkg⁻¹ ve 200 mgkg⁻¹ Pb uygulamalarından farklı olduğu görülmüştür. Kurşun ve zeolit uygulamalarına bağlı olarak ölçülen bitki yaş ağırlıkları dikkate alındığında; kurşun zeolit arasındaki interaksiyon da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

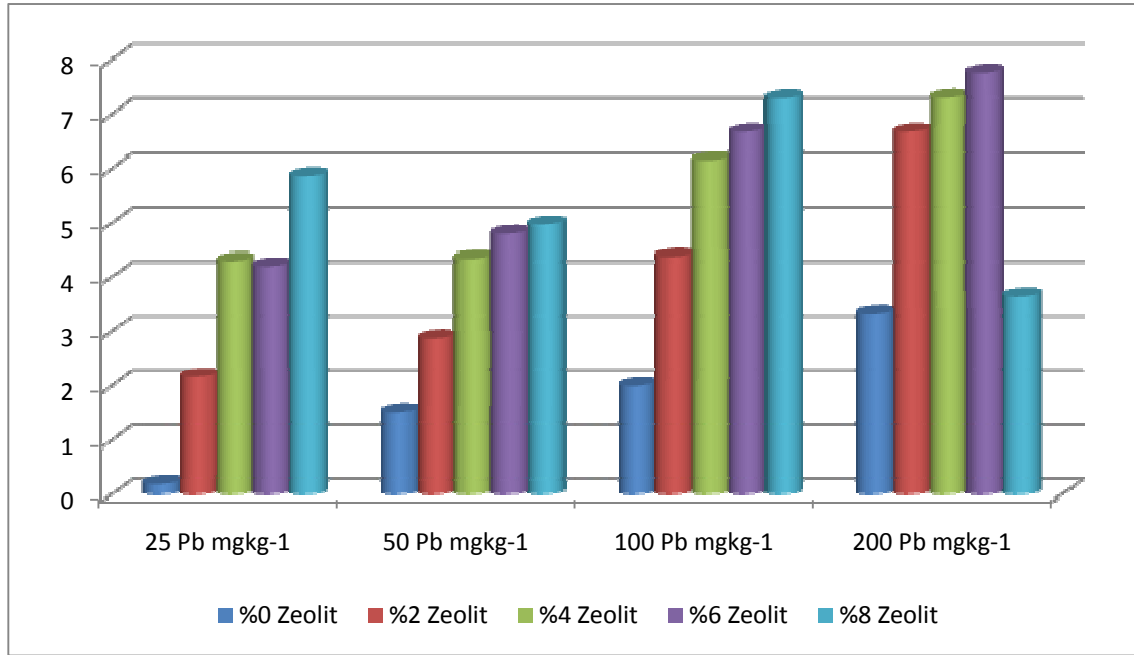
Çizelge 4.5. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta bitki yaş ağırlıkları (gr).

Zeolit (%)	Pb(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	25	50	100	200	
0	0.24h	1.53gh	2.0f-h	3.34d-g	1.77c
2	2.17e-h	2.87d-g	4.38cd	6.68ab	4.02b
4	4.30cd	4.34cd	6.15a-c	7.30a	5.52a
6	4.21c-e	4.8b-d	6.68ab	7.77a	5.86a
8	5.87a-c	4.98b-d	7.29a	3.64d-f	5.44a
Ortalama	3.35b	3.70b	5.30a	5.74a	

	P	lsd
Pb	0.001	0.84
Zeolit	0.001	0.94
PbxZeolit	0.001	1.87

Kurşun ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının ıspanakta kök boyu üzerine etkisi Çizelge 4.6 da ve Şekil 4.5 de gösterilmiştir. Çizelge 4.6 incelendiğinde, ıspanak

bitkisinin ortalama kök boyu uzunlukları en küçük ortalama 15.3 cm ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 24.7 cm ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur.



Şekil 4.4. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta bitki yaş ağırlıkları

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre % 0 zeolit uygulaması ile diğer zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. % 4, % 6 ve % 8 zeolit uygulama dozları arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Benzer şekilde % 2 zeolit uygulaması ile % 4 ve % 8 uygulama dozları arasındaki farkta istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak bitki kök boyu incelendiğinde 25 mgkg⁻¹ ve 100 mgkg⁻¹ Pb uygulamalarının istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı ve aynı grupta yer alan 50 mgkg⁻¹ ve 200 mgkg⁻¹ Pb uygulamalarından farklı olduğu görülmüştür. En küçük bitki kök boyunun ise 200 mgkg⁻¹ Pb uygulamasında gözlenmiştir.

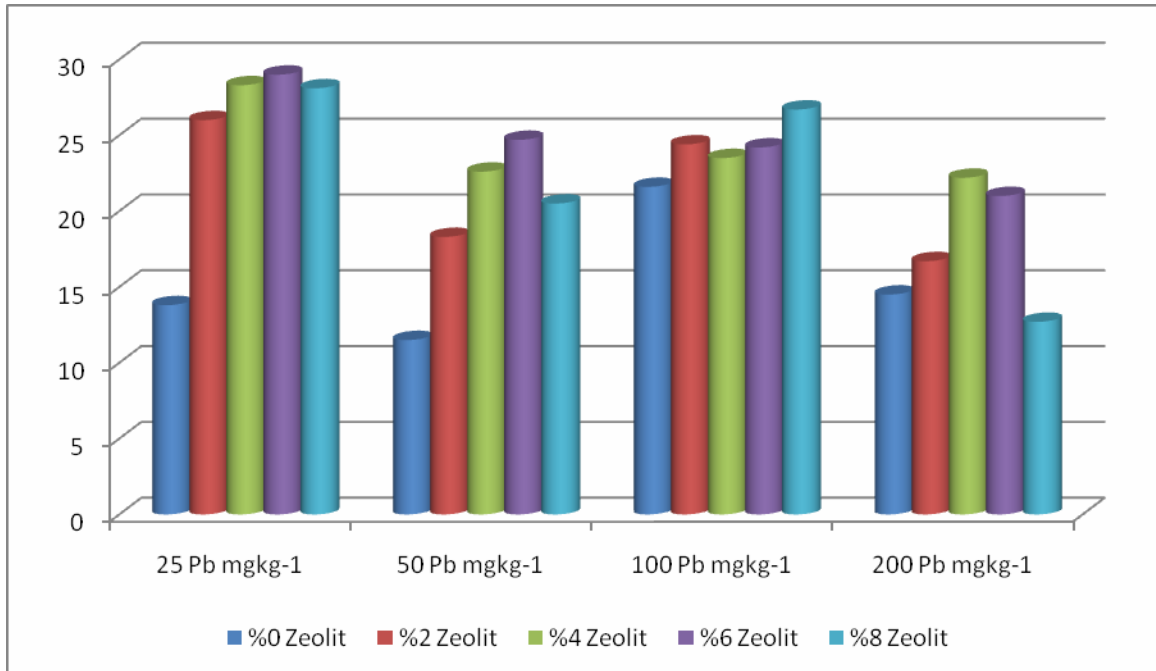
Kurşun ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının ıspanakta kök yaş ağırlığı üzerine etkisi Çizelge 4.7 de ve Şekil 4.6 da gösterilmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama kök yaş ağırlığı en küçük ortalama 0.4 gram ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 1.63 gram ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre % 0 ve % 2 zeolit uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Benzer şekilde % 4, % 6 ve % 8 zeolit uygulama dozları arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak bitki kök yaş ağırlığı incelendiğinde, 25 mgkg⁻¹ Pb ile 50 mgkg⁻¹ Pb uygulama dozları aynı grupta yer almış, benzer veriler 100 mgkg⁻¹ Pb ile 200 mgkg⁻¹ Pb dozları arasında da gözlenmiştir.

Çizelge 4.6. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök boyu uzunlukları (cm).

Zeolit (%)	Pb(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	25	50	100	200	
0	13.8	11.5	21.6	14.5	15.3c
2	26.0	18.3	24.4	16.7	21.4b
4	28.3	22.6	23.5	22.2	24.2ab
6	29.0	24.7	24.2	21.0	24.7a
8	28.1	20.5	26.7	12.7	22.0ab
Ortalama	25.0a	19.5b	24.1a	17.4b	

	P	lsd
Pb	0.001	2.8
Zeolit	0.001	3.13
PbxZeolit	ns	



Şekil 4.5. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök boyu uzunlukları

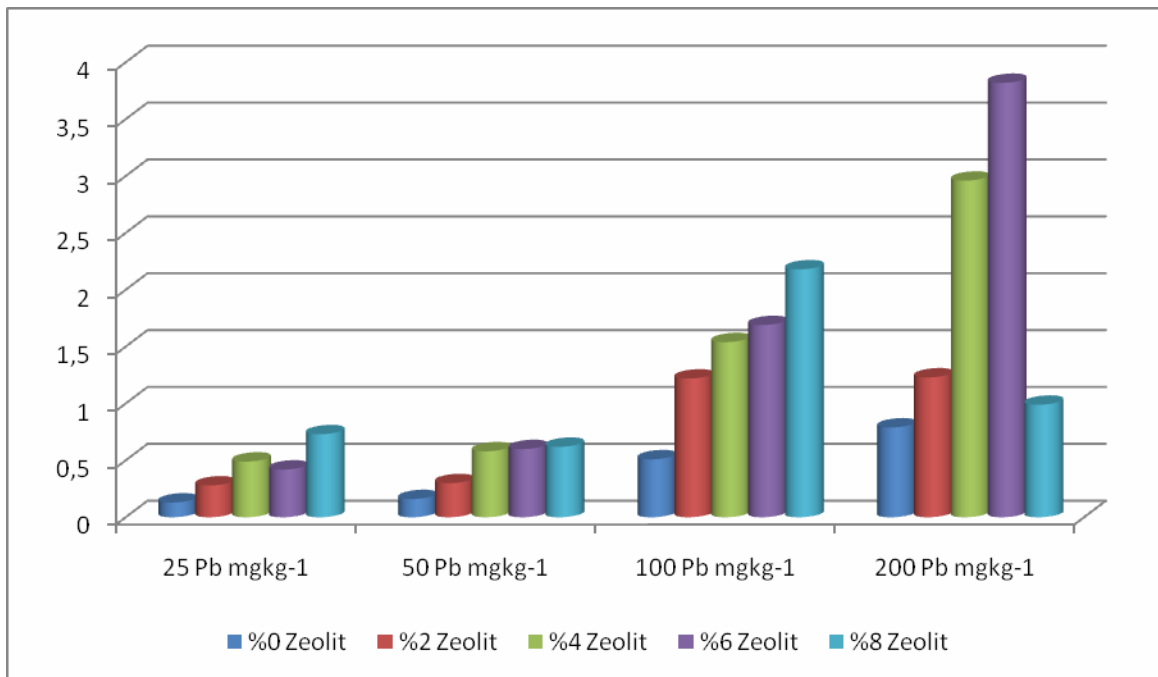
Kurşun ve zeolit uygulamalarına bağlı olarak ölçülen kök yaş ağırlığı dikkate alındığında; kurşun zeolit arasındaki etkileşim de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Kurşun ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının ıspanakta kök kuru ağırlığı üzerine etkisi Çizelge 4.8 de ve Şekil 4.7 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök yaş ağırlıkları (gr).

Zeolit (%)	Pb(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	25	50	100	200	
0	0.13d	0.16d	0.51d	0.79cd	0.40c
2	0.28d	0.30d	1.22cd	1.23cd	0.75bc
4	0.49d	0.58cd	1.54b-d	2.96ab	1.39ab
6	0.42d	0.60cd	1.69b-d	3.82a	1.63a
8	0.73cd	0.62cd	2.18bc	0.99cd	1.13abc
Ortalama	0.41b	0.45b	1.42a	1.95a	

	P	lsd
Pb	0.001	0.64
Zeolit	0.001	0.72
PbxZeolit	0.01	1.44



Şekil 4.6. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök yaş ağırlıkları

Çizelge 4.8 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama yaprak yaş ağırlığı en küçük ortalama 0.23 gram ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 0.67 gram ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonuçlarında zeolit uygulama dozlarına bağlı olarak kuru kök ağırlığı arasındaki farklar önemli bulunmamıştır.

Artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak ıspanakta kuru kök ağırlığı incelendiğinde, 25 mgkg⁻¹ Pb ile 50 mgkg⁻¹ Pb uygulama dozları aynı grupta yer almış, benzer veriler 100 ile 200 mgkg⁻¹ Pb dozları arasında da gözlenmiştir.

Çizelge 4.8. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök kuru ağırlıkları (gr).

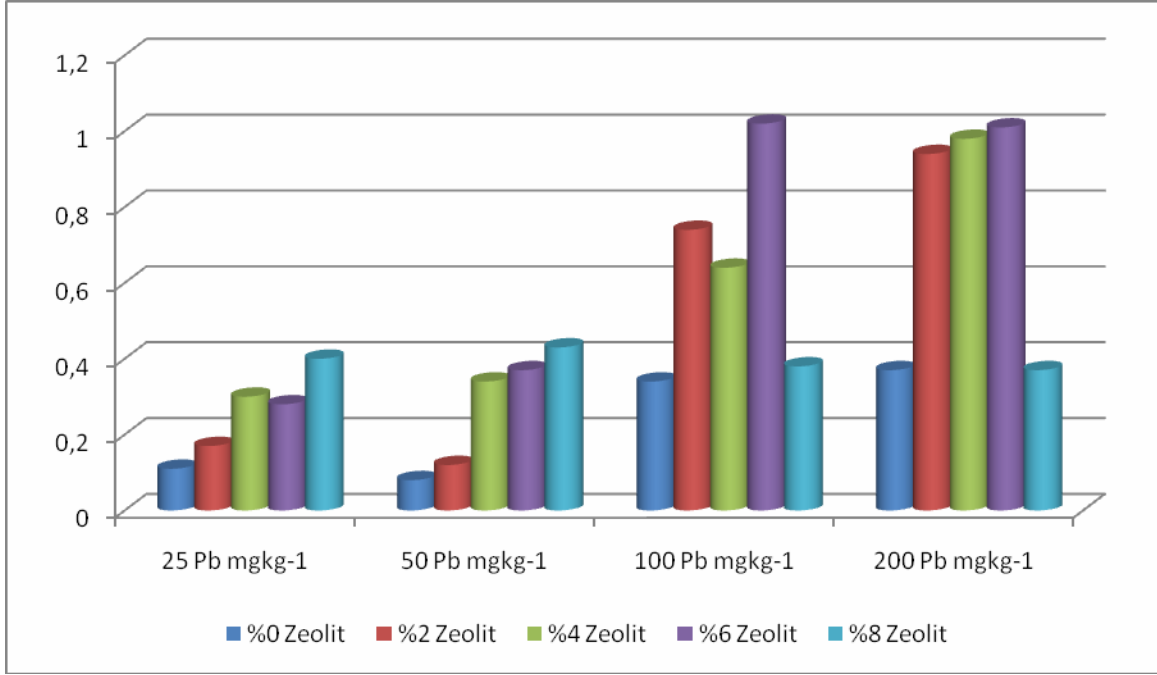
Zeolit (%)	Pb(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	25	50	100	200	
0	0.11	0.08	0.34	0.37	0.23
2	0.17	0.12	0.74	0.94	0.49
4	0.30	0.34	0.64	0.98	0.56
6	0.28	0.37	1.02	1.01	0.67
8	0.40	0.43	0.38	0.37	0.39
Ortalama	0.25b	0.27b	0.62a	0.73a	

	P	lsd
Pb	0.05	0.34
Zeolit	ns	
PbxZeolit	ns	

Kurşun ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının ıspanakta yaprak boyu üzerine etkisi Çizelge 4.9 da ve Şekil 4.8 de gösterilmiştir. Çizelge 4.9 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama yaprak boyu uzunlukları en küçük ortalama 8.4 cm ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 13.3 cm ile % 8 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre % 0 ve % 2 zeolit uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Benzer şekilde % 4, % 6 ve % 8 zeolit uygulama dozları arasındaki fark da istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak bitki yaprak boyu incelendiğinde, kurşun uygulama konsantrasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Kurşun ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının ıspanakta yaprak yaş ağırlığı üzerine etkisi Çizelge 4.10 da ve Şekil 4.9 gösterilmiştir. Çizelge 4.10 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama yaprak yaş ağırlığı en küçük ortalama 1.39 gram ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 4.23 gram ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur.



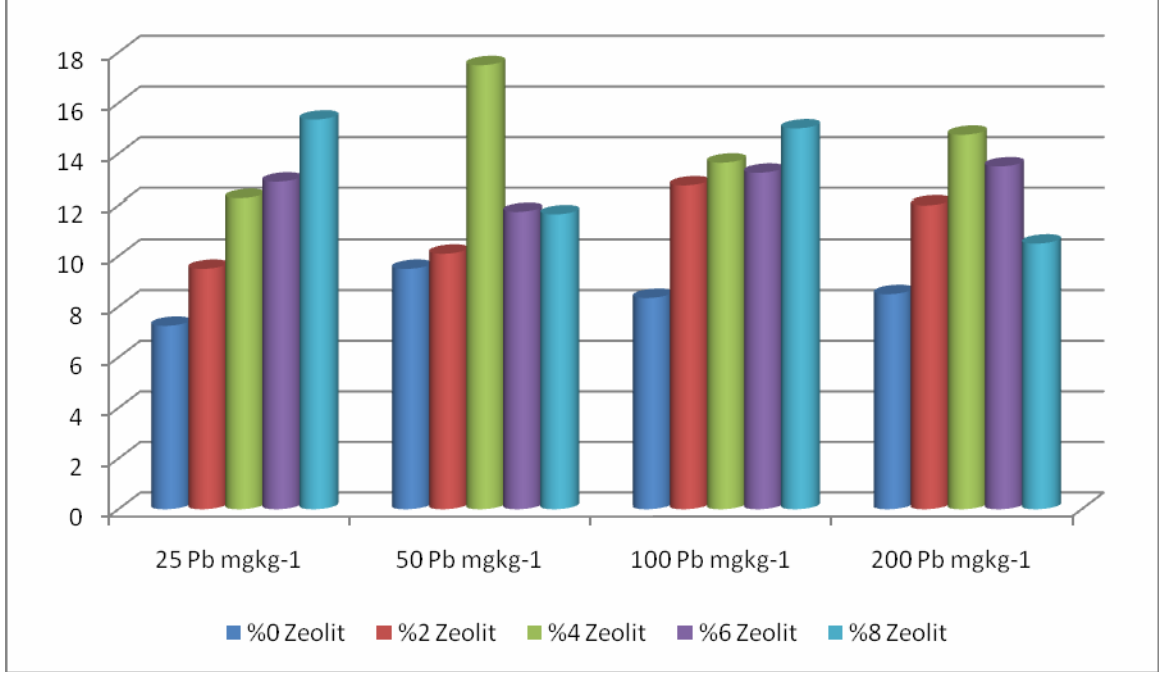
Şekil 4.7. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök kuru ağırlıkları (gr)

Çizelge 4.9. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta yaprak boyu uzunlukları (cm).

Zeolit (%)	Pb(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	25	50	100	200	
0	7.25	9.5	8.35	8.5	8.4c
2	9.5	10.1	12.75	12	11.09bc
4	12.25	17.5	13.65	14.75	14.54a
6	12.9	11.75	13.25	13.5	12.85ab
8	15.35	11.65	15	10.5	13.13ab
Ortalama	11.45	12.1	12.6	11.85	

	P	lsd
Pb	ns	
Zeolit	0.001	2.7
PbxZeolit	ns	

İstatistik analiz sonuçlarına göre % 0 zeolit uygulaması ile diğer zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. % 2 ve % 4 zeolit uygulamaları aynı grupta yer alırken, benzer şekilde % 4, % 6 ve % 8 zeolit uygulama dozları arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.



Şekil 4.8. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta yaprak boyu uzunlukları (cm)

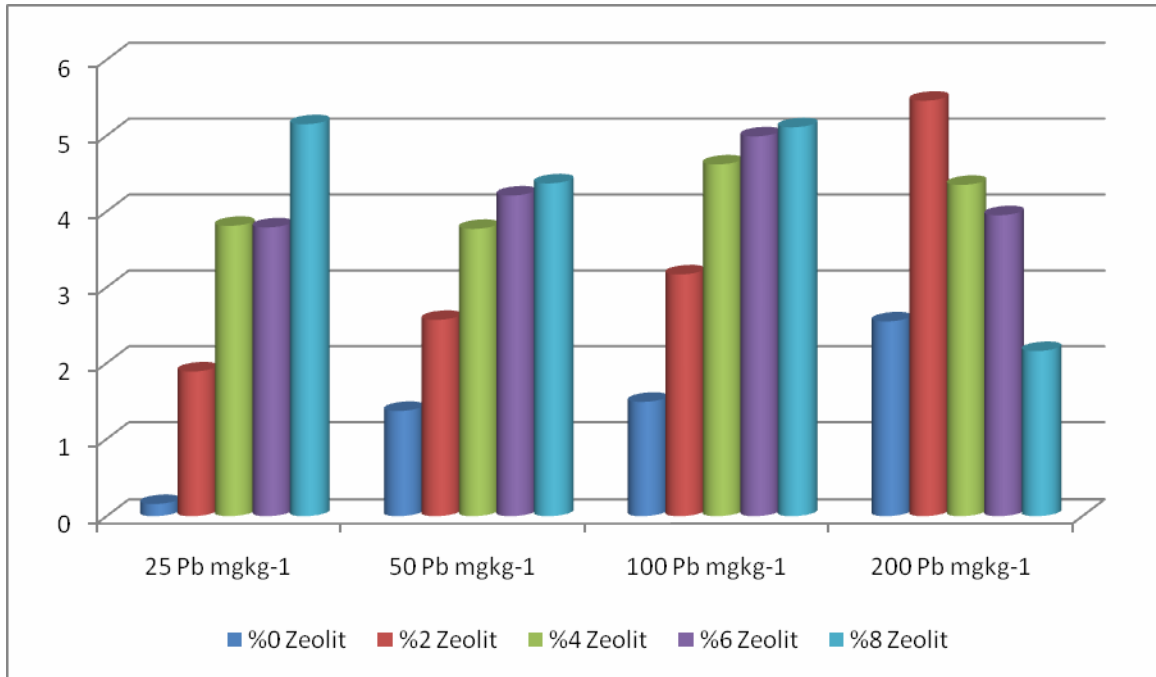
Artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak bitki kök yaş ağırlığı incelendiğinde, yalnızca 25 mgkg⁻¹ Pb uygulama dozu ile 100 mgkg⁻¹ Pb uygulama dozu arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kurşun ve zeolit uygulamalarına bağlı olarak ölçülen yaprak yaş ağırlığı dikkate alındığında; kurşun zeolit arasındaki interaksiyon da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Kurşun ve zeolit uygulama konsantrasyonlarının ıspanakta yaprak kuru ağırlığı üzerine etkisi Çizelge 4.11 de ve Şekil 4.10 da gösterilmiştir. Çizelge 4.11 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama yaprak kuru ağırlığı en küçük ortalama 0.34 gram ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 0.73 gram ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistik analiz sonuçlarına göre % 0 zeolit uygulaması ile diğer zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Diğer zeolit uygulama dozları incelendiğinde, yalnızca % 2 ve % 6 zeolit uygulama dozları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta yaprak yaş ağırlıkları (gr).

Zeolit (%)	Pb(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	25	50	100	200	
0	0.16g	1.37fg	1.49fg	2.55c-f	1.39c
2	1.89e-g	2.57c-f	3.17b-f	5.46a	3.27b
4	3.81a-e	3.77a-e	4.62ab	4.35a-c	4.13ab
6	3.79a-e	4.21a-c	4.99ab	3.95a-d	4.23a
8	5.15ab	4.37a-c	5.11ab	2.16d-f	4.19a
Ortalama	2.96b	3.25ab	3.87a	3.69ab	

	P	lsd
Pb	0.05	0.77
Zeolit	0.001	0.86
PbxZeolit	0.001	1.73



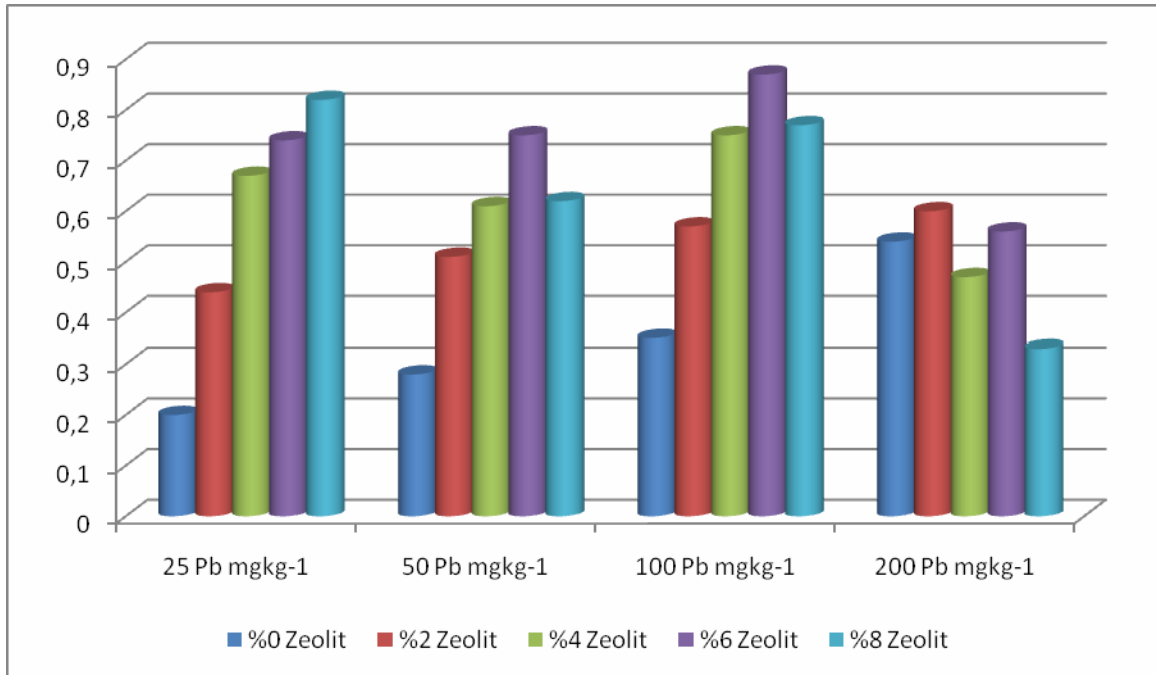
Şekil 4.9. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta yaprak yaş ağırlıkları (gr)

Artan kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak bitki yaprak kuru ağırlığı incelendiğinde, kurşun uygulama konsantrasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.11. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta yaprak kuru ağırlıkları (gr).

Zeolit (%)	Pb(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	25	50	100	200	
0	0.20	0.28	0.35	0.54	0.34c
2	0.44	0.51	0.57	0.6	0.53b
4	0.67	0.61	0.75	0.47	0.62ab
6	0.74	0.75	0.87	0.56	0.73a
8	0.82	0.62	0.77	0.33	0.63ab
Ortalama	0.57	0.55	0.66	0.50	

	P	Isd
Pb	ns	
Zeolit	0.01	0.17
PbxZeolit	ns	



Şekil 4.10. Zeolit ve kurşun uygulanan topraklarda yetişen ıspanakta yaprak kuru ağırlıkları

4.1.2.2. Çinko Adsorbsiyon Konsantrasyonları

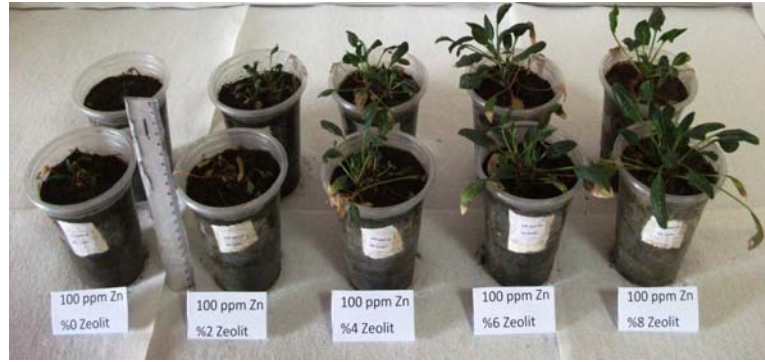
Zeolitin adsorpsiyon özelliğinin ıspanak bitkisi tarafından çinkonun alımına etkisini belirlemek için, zeolit uygulama dozları % 0, % 2, % 4, % 6 ve % 8 olarak, Zn uygulama dozları ise 50 mgkg⁻¹ Zn, 100 mgkg⁻¹ Zn, 200 mgkg⁻¹ Zn ve 400 mgkg⁻¹ Zn olarak belirlenmiştir. Belirli oranlarda zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitkisinin gelişim performansları Resim 2. de gösterilmiştir. Resim 2. de de görüldüğü gibi 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında artan zeolit oranlarına bağlı olarak bitki gelişimleri artmıştır. 100 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasıyla benzer bir gelişim göstermiş olup, düşük zeolit uygulamalarında bitki gelişimi oldukça azalmıştır. 200 mgkg⁻¹ ve 400 mgkg⁻¹ Zn dozlarında görülen bitki gelişimleri ise Zn nin toksik etkisi nedeniyle fazla bir gelişme gösterememekle beraber 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında bitki gelişimi hiç olmamış olup, 200 mgkg⁻¹ Zn' uygulamasının yüksek zeolit uygulamalarında az da olsa bitki gelişimi gözlenmiştir. Çinkonun bitkilerin gelişimi üzerindeki toksik etkisi yüksek çinko dozlarında ve düşük zeolit uygulamalarında çok belirgin olarak gözlenmiştir.

50 mgkg⁻¹ Zn ve 100 mgkg⁻¹ Zn uygulamalarında da 200 mgkg⁻¹ Zn uygulamasıyla benzer bir gelişim göstermiştir. Bitki gelişimleri 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında diğer Zn uygulamalarına göre daha düşük performans göstererek Zn nin toksik etkisi daha belirgin şekilde gözlenmiştir. Bu Zn uygulamalarında zeolitin görünür etkisini belirlemek olanaklı olmamıştır.

Toprağa, farklı dozlarda zeolit ve Zn uygulaması sonucunda yetişen ıspanak bitkisi gelişimi özellikle yüksek çinko konsantrasyonu uygulamalarında olmadığından, bitkinin yaprak ve köklerinde içermiş olduğu Zn düzeyleri ile ilgili analizler yapılamamış olup, yalnızca bitkinin gelişim düzeyleri ile ilgili ölçümler yapılmıştır.

Çinko ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının bitki boyu üzerine etkisi Çizelge 4.12 de ve Şekil 4.11 de gösterilmiştir. Çizelge 4.12 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama bitki boyu uzunlukları en küçük ortalama 6.64 cm ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 18.93 cm ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre % 0, % 2 ve % 4 zeolit uygulamaları arasındaki fark önemli bulunmamış ve bunlar aynı grupta yer almıştır. % 6 zeolit uygulaması yukarıdaki zeolit uygulama dozlarından farklı bulunmuş olup, % 8 uygulama dozu ile aynı grupta yer almıştır.

Şekil 2. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitkisinin gelişim performansları

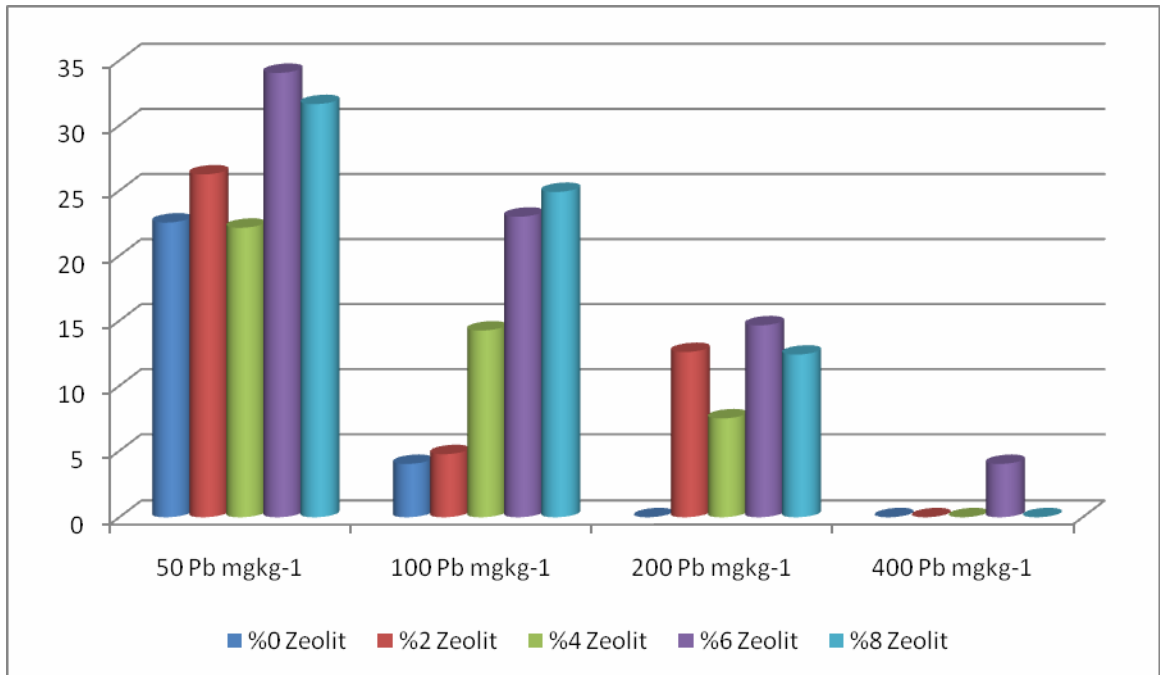


Artan çinko konsantrasyonuna bağlı olarak bitki boyu incelendiğinde, 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasının, 100 mgkg⁻¹ ve 200 mgkg⁻¹ Zn uygulamalarının ve 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasının farklı olduğu, aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. En büyük bitki boyu 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında ölçülürken, en küçük bitki boyu 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitki boyları (cm).

Zeolit (%)	Zn (mgkg ⁻¹)				Ortalama
	50	100	200	400	
0	22.55	4.0	0.00	0.00	6.64c
2	26.25	4.75	12.6	0.00	10.9bc
4	22.15	14.25	7.5	0.00	10.98bc
6	34.05	23.00	14.65	4.0	18.93a
8	31.65	24.90	12.40	0.00	17.24ab
Ortalama	27.33a	14.18b	9.43b	0.8c	

	P	lsd
Zn	0.001	5.53
Zeolit	0.001	6.18
ZnxZeolit	ns	



Şekil 4.11. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitki boyları

Çinko ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının bitki yaş ağırlığı üzerine etkisi Çizelge 4.13 de ve Şekil 4.12 de gösterilmiştir. Çizelge 4.13 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama bitki yaş ağırlıkları en küçük ortalama 0.24 gram ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 1.25 gram ile % 8 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre % 0, % 2 ve % 4 zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve bunlar aynı grupta yer almıştır. % 6 ve % 8 zeolit uygulaması % 0 ve % 2 zeolit uygulama dozlarından farklı bulunmuş olup, % 4 uygulama dozu ile aynı grupta yer almıştır.

Artan çinko konsantrasyonuna bağlı olarak bitki yaş ağırlığı incelendiğinde, 50 mgkg⁻¹ Zn, 100 mgkg⁻¹ Zn ve 200 mgkg⁻¹ Zn ve 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamalarının birbirinden farklı olduğu, aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. En büyük bitki yaş ağırlığı 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında ölçülürken, en küçük bitki yaş ağırlığı 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında bulunmuştur. Çinko ve zeolit uygulamalarına bağlı olarak ölçülen bitki yaş ağırlığı dikkate alındığında; çinko zeolit arasındaki interaksiyon da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

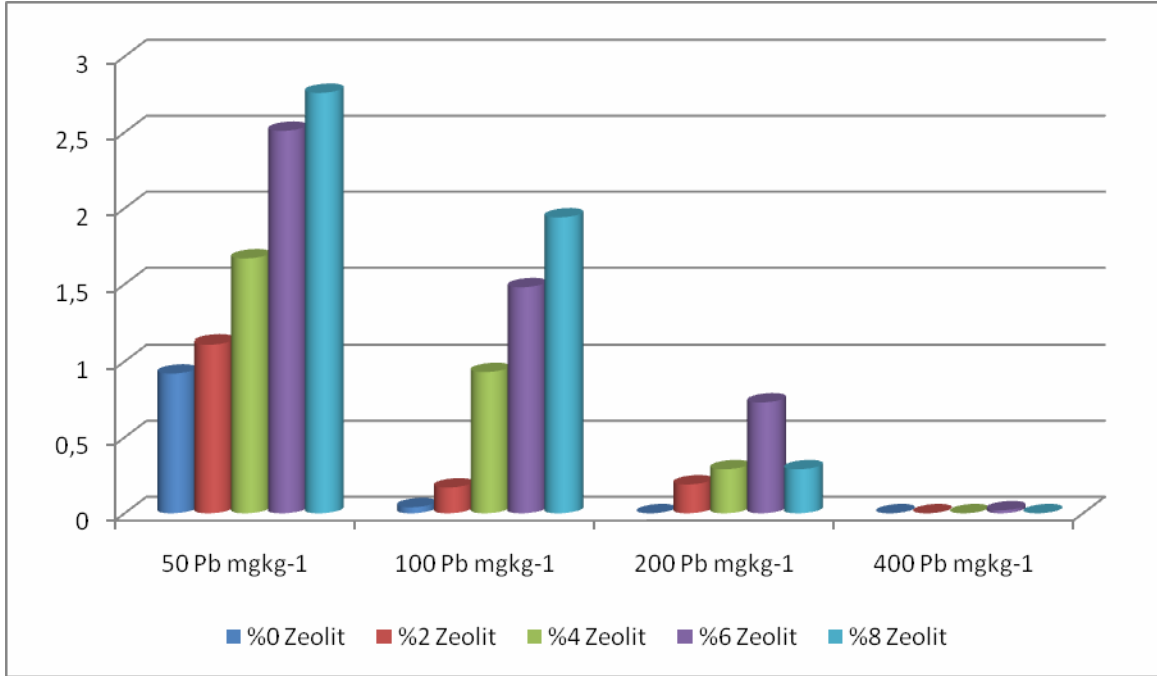
Çizelge 4.13. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitki yaş ağırlıkları (gr).

Zeolit (%)	Zn(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	50	100	200	400	
0	0.92d-f	0.004f	0.00f	0.00f	0.24b
2	1.11c-e	0.17ef	0.19ef	0.00f	0.37b
4	1.67b-d	0.93d-f	0.29ef	0.00f	0.72ab
6	2.51ab	1.48cd	0.73d-f	0.00f	1.18a
8	2.76a	1.94a-c	0.29f	0.00f	1.25a
Ortalama	1.79a	0.91b	0.30c	0.00c	

	P	lsd
Zn	0.001	0.52
Zeolit	0.001	0.51
ZnxZ	0.05	0.85

Çinko ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının bitki kök boyu üzerine etkisi Çizelge 4.14 de ve Şekil 4.13 de gösterilmiştir. Çizelge 4.14 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama bitki boyu uzunlukları en küçük ortalama 3.69 cm ile % 0 zeolit

uygulamasında, en yüksek ise ortalama 10.58 cm ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistik analiz sonuçlarına göre % 0, % 2 ve % 4 zeolit uygulamaları arasındaki fark önemli bulunmamış ve bunlar aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.12. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak bitki yaş ağırlıkları

Benzer şekilde % 6 ve % 8 zeolit uygulamaları arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve bunlarda aynı grupta yer almış olup, yukarıdaki zeolit uygulama dozlarından istatistik olarak önemli düzeyde farklı bulunmuştur.

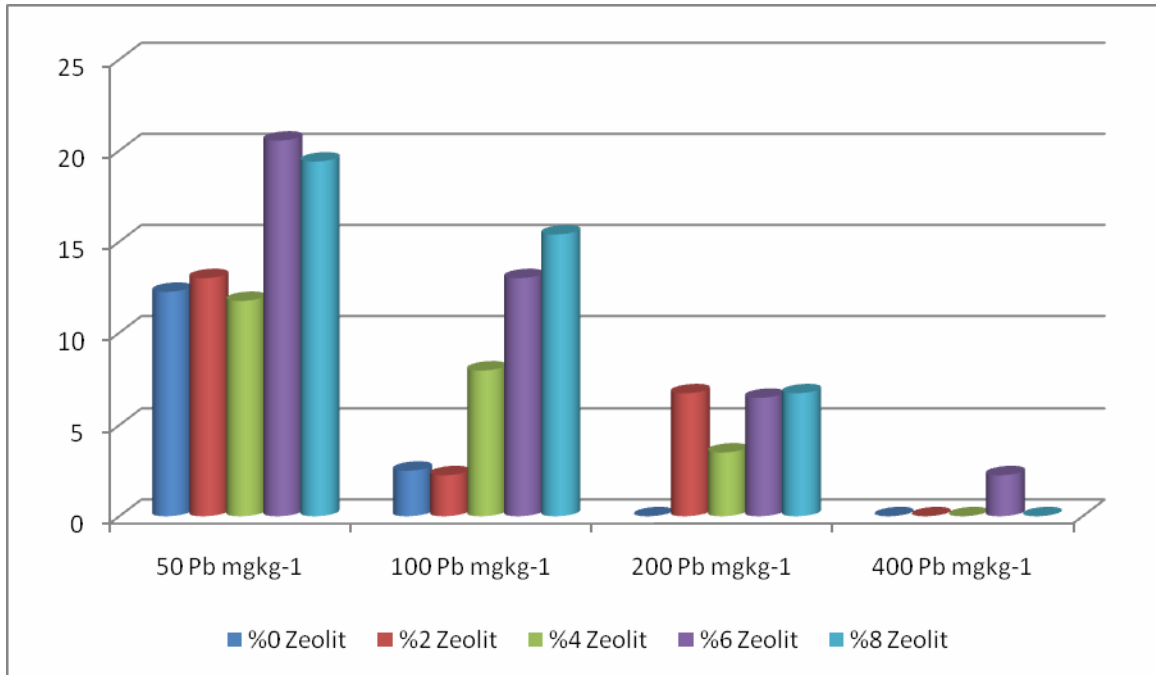
Artan çinko konsantrasyonuna bağlı olarak bitki kök boyu incelendiğinde, bütün çinko uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli görülmüştür. En büyük bitki kök boyu 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında ölçülürken, en küçük bitki kök boyu 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında bulunmuştur. Çinko ve zeolit uygulamalarına bağlı olarak ölçülen bitki kök boyu uzunlukları dikkate alındığında; çinko zeolit arasındaki intereksiyon da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çinko ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının bitki kök yaş ağırlığı üzerine etkisi Çizelge 4.15 de ve Şekil 4.14 de gösterilmiştir. Çizelge 4.15 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama bitki kök yaş ağırlığı en küçük ortalama 0.04 gram ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 0.10 gram ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.14. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök boyları (cm).

Zeolit (%)	Zn(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	50	100	200	400	
0	12.25b-d	2.5fg	0.00g	0.00g	3.69b
2	13.0b-c	2.25fg	6.75d-f	0.00g	5.5b
4	11.75b-e	8.0c-f	3.5fg	0.00g	5.81b
6	20.55a	13.0bc	6.5ef	2.25fg	10.58a
8	19.4a	15.4ab	6.75d-f	0.00g	10.39a
Ortalama	15.39a	8.23b	4.7c	0.45d	

	P	lsd
Zn	0.001	3.14
Zeolit	0.001	3.51
ZnxZeolit	0.05	5.13



Çizelge 4.13. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök boyları (cm)

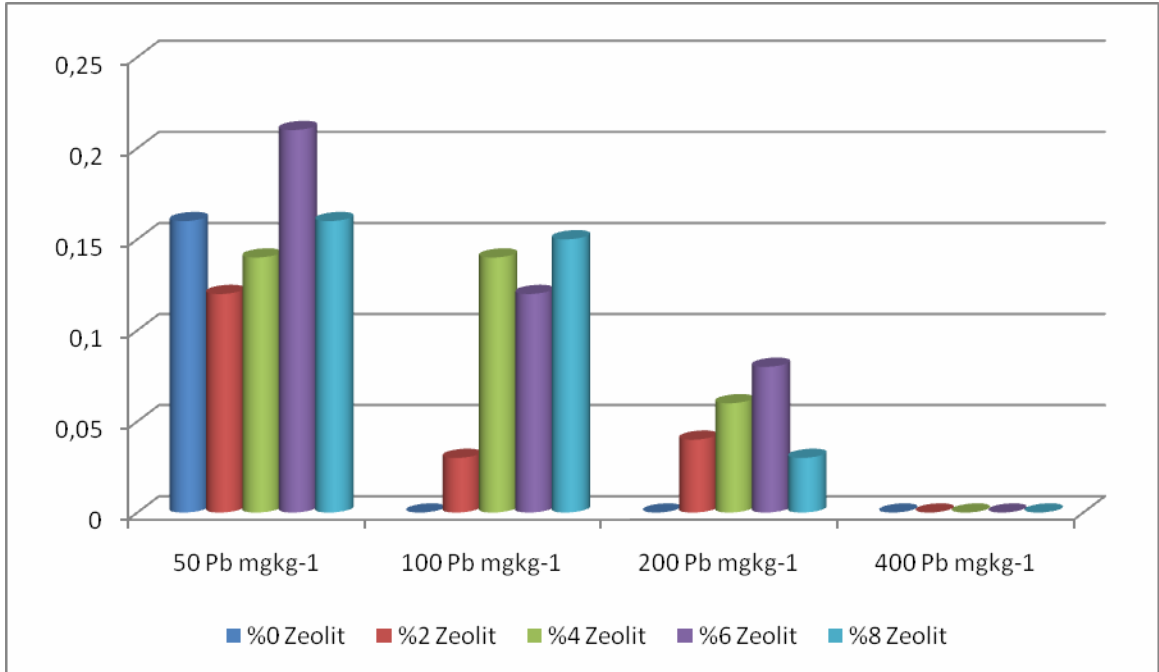
Artan çinko konsantrasyonuna bağlı olarak bitki kök yaş ağırlığı incelendiğinde, 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasının, 100 ve 200 mgkg⁻¹ Zn uygulamalarının ve 200 ve 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamalarının farklı olduğu, aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu

görülmüştür. En büyük bitki kök yaş ağırlığı 50 mgkg^{-1} Zn uygulamasında ölçülürken, en küçük bitki yaş ağırlığı 400 mgkg^{-1} Zn uygulamasında bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök yaş ağırlıkları (gr).

Zeolit (%)	Zn(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	50	100	200	400	
0	0.16	0.00	0.00	0.00	0.04
2	0.12	0.03	0.04	0.00	0.05
4	0.14	0.14	0.06	0.00	0.09
6	0.21	0.12	0.08	0.00	0.10
8	0.16	0.15	0.03	0.00	0.09
Ortalama	0.155a	0.09b	0.04bc	0.00c	

	P	lsd
Zn	0.001	0.0445
Zeolit	ns	
ZnxZeolit	ns	



Şekil 4.14. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök yaş ağırlıkları

Çinko ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının bitki kök kuru ağırlığı üzerine etkisi Çizelge 4.16 da ve Şekil 4.15 de gösterilmiştir. Çizelge 4.16 incelendiğinde, ıspanak

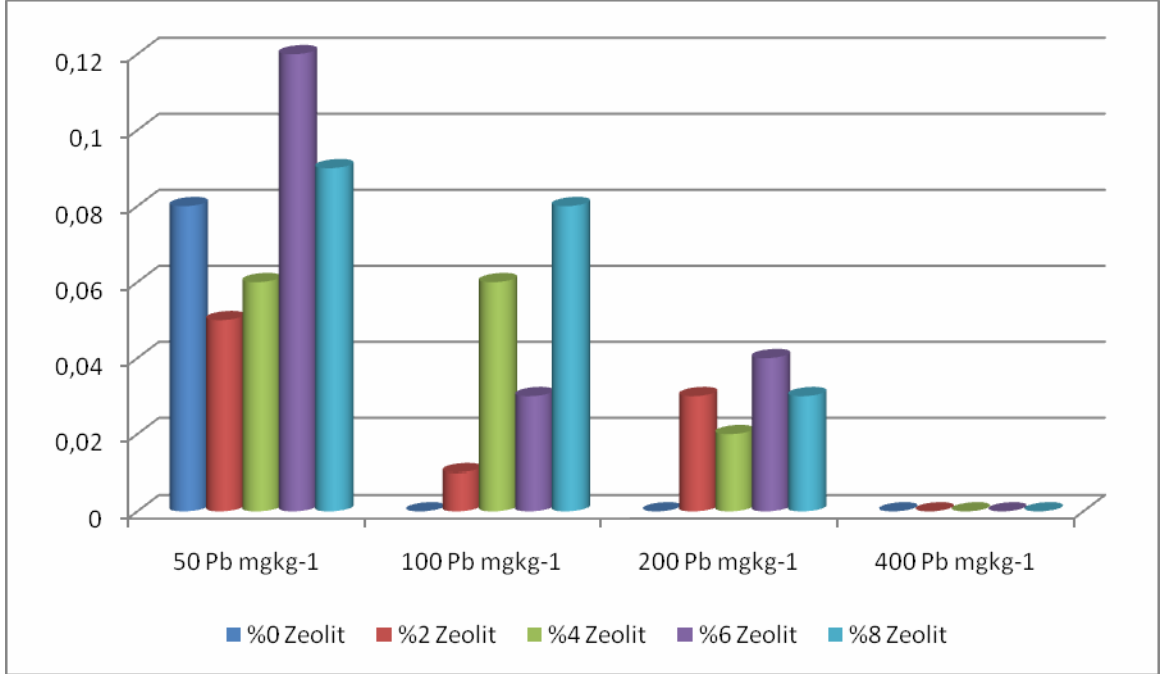
bitkisinin ortalama bitki kök kuru ağırlığı en küçük ortalama 0.2 gram ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 0.5 gram ile % 6 ve % 8 zeolit uygulamasında bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Artan çinko konsantrasyonuna bağlı olarak bitki kök kuru ağırlığı incelendiğinde, 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasının, 100 mgkg⁻¹ ve 200 mgkg⁻¹ Zn uygulamalarının ve 200 mgkg⁻¹ ve 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasının farklı olduğu, aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. En büyük bitki kök kuru ağırlığı 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında ölçülürken, en küçük bitki kuru ağırlığı 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında bulunmuştur.

Çinko ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının ıspanakta yaprak boyu üzerine etkisi Çizelge 4.17 de ve Şekil 4.16 da gösterilmiştir. Çizelge 4.17 incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama yaprak boyu uzunlukları en küçük ortalama 2.95 cm ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 8.35 cm ile % 6 zeolit uygulamasında bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre % 0, % 2 ve % 4 zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve bunlar aynı grupta yer almıştır. Yine benzer şekilde % 2, % 4, % 6 ve % 8 zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve bunlarda aynı grupta yer almıştır. % 0, zeolit uygulaması ile % 6 ve % 8 zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök kuru ağırlıkları (gr).

Zeolit (%)	Zn(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	50	100	200	400	
0	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02
2	0.05	0.01	0.03	0.00	0.02
4	0.06	0.06	0.02	0.00	0.04
6	0.12	0.03	0.04	0.00	0.05
8	0.09	0.08	0.03	0.00	0.05
Ortalama	0.08a	0.04b	0.02bc	0.00c	
	P	lsd			
Zn	0.001	0.028			
Zeolit	ns				
ZnxZeolit	ns				



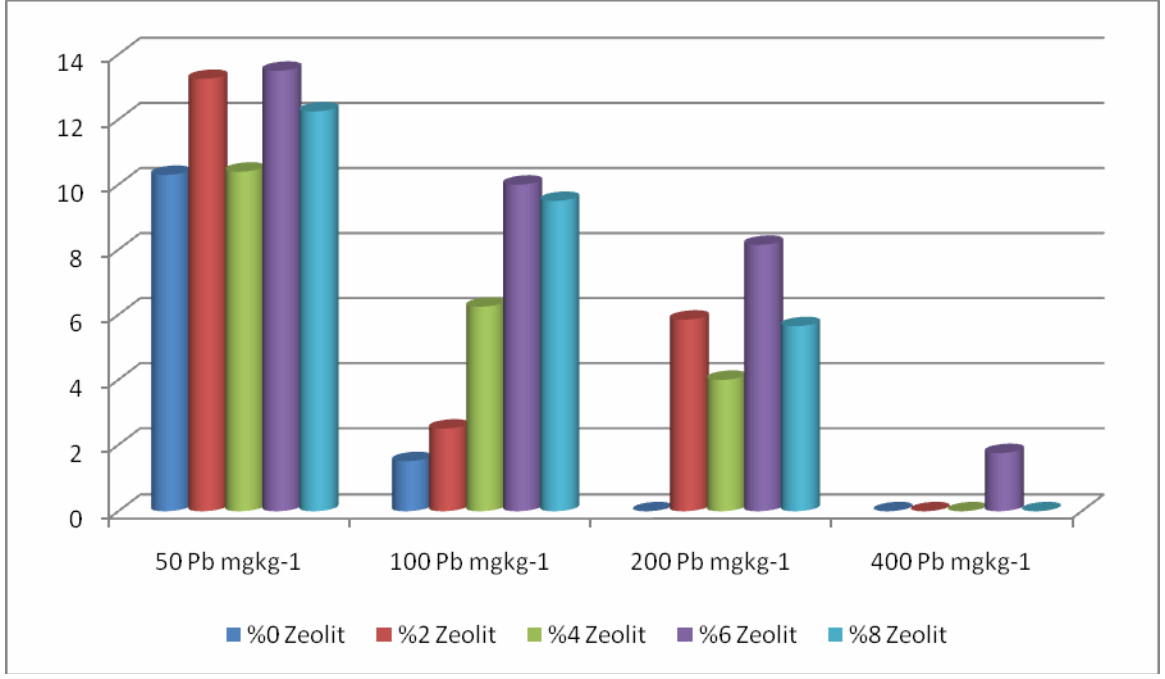
Şekil 4.15. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kök kuru ağırlıkları (gr)

Artan çinko konsantrasyonuna bağlı olarak ıspanak yaprak boyu uzunluğu incelendiğinde, 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasının, 100 mgkg⁻¹ ve 200 mgkg⁻¹ Zn uygulamalarının ve 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasının farklı olduğu, aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. En büyük bitki yaprak boyu uzunluğu 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında ölçülürken, en küçük yaprak boyu uzunluğu 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında bulunmuştur.

Çizelge 4.17. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak yaprak boyları (cm).

Zeolit (%)	Zn(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	50	100	200	400	
0	10.3	1.5	0	0	2.95b
2	13.25	2.5	5.85	0	5.4ab
4	10.4	6.25	4	0	5.16ab
6	13.5	10	8.15	1.75	8.35a
8	12.25	9.5	5.65	0	6.85a
Ortalama	11.94a	5.95b	4.73b	0.35c	

	P	lsd
Zn	0.001	3.18
Zeolit	0.01	3.56
ZnxZeolit	ns	



Şekil 4.16. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak yaprak boyları(cm)

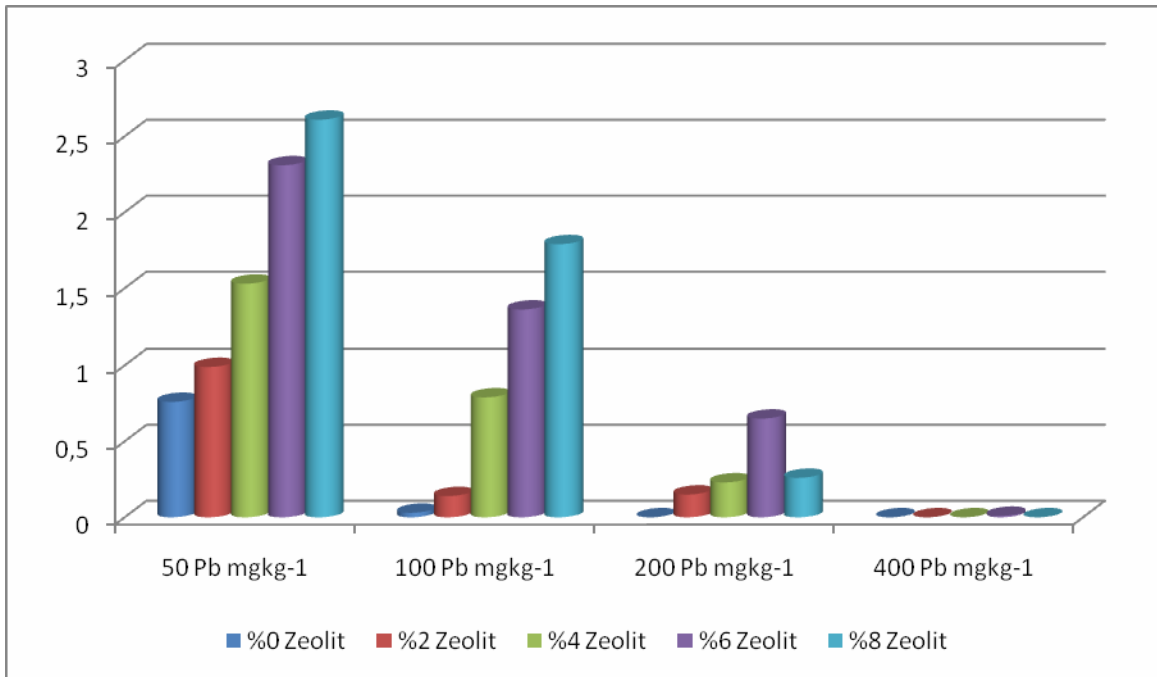
Çinko ve zeolitin uygulama konsantrasyonlarının ıspanakta yaprak yaş ağırlıkları üzerine etkisi Çizelge 4.18 de ve Şekil 4.17 de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama yaprak yaş ağırlıkları en küçük ortalama 0.20 gram ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 1.16 gram ile % 8 zeolit uygulamasında bulunmuştur. İstatistik analiz sonuçlarına göre % 0 ve % 2 zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve bunlar aynı grupta yer almıştır. Yine benzer şekilde % 2 ve % 4 zeolit uygulamaları ile % 6 ve % 8 zeolit uygulamaları arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve bunlarda aynı grupta yer almıştır. Bu gruplar ile diğer uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Artan çinko konsantrasyonuna bağlı olarak ıspanak yaprak yaş ağırlığı incelendiğinde, 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasının, 100 mgkg⁻¹ Zn uygulamasının ve 200 mgkg⁻¹ ve 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamalarının farklı olduğu, aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. En büyük bitki yaprak yaş ağırlığı 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında ölçülürken, en küçük yaprak yaş ağırlığı 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında bulunmuştur. Çinko ve zeolit uygulamalarına bağlı olarak ölçülen yaprak yaş ağırlığı dikkate alındığında; çinko zeolit arasındaki etkileşim de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak yaş yaprak ağırlıkları (gr).

Zeolit (%)	Zn(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	50	100	200	400	
0	0.76d-g	0.03g	0.00g	0.00g	0.20c
2	0.99c-f	0.14fg	0.15fg	0.00g	0.32bc
4	1.53b-d	0.79d-g	0.23fg	0.00g	0.64b
6	2.31ab	1.36c-e	0.65e-g	0.01g	1.08a
8	2.61a	1.79bc	0.26fg	0.00g	1.16a
Ortalama	1.64a	0.82b	0.26c	0.00c	

	P	lsd
Zn	0.001	0.35
Zeolit	0.001	0.39
ZnxZeolit	0.05	0.77



Şekil 4.17. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak yaş yaprak ağırlıkları(gr)

Çinko ve zeolit uygulama konsantrasyonlarının ıspanakta yaprak kuru ağırlıkları üzerine etkisi Çizelge 4.19 da ve Şekil 4.18 de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde, ıspanak bitkisinin ortalama yaprak kuru ağırlıkları en küçük ortalama 0.07 gram ile % 0 zeolit uygulamasında, en yüksek ise ortalama 0.26 gram ile % 6 zeolit uygulamasında

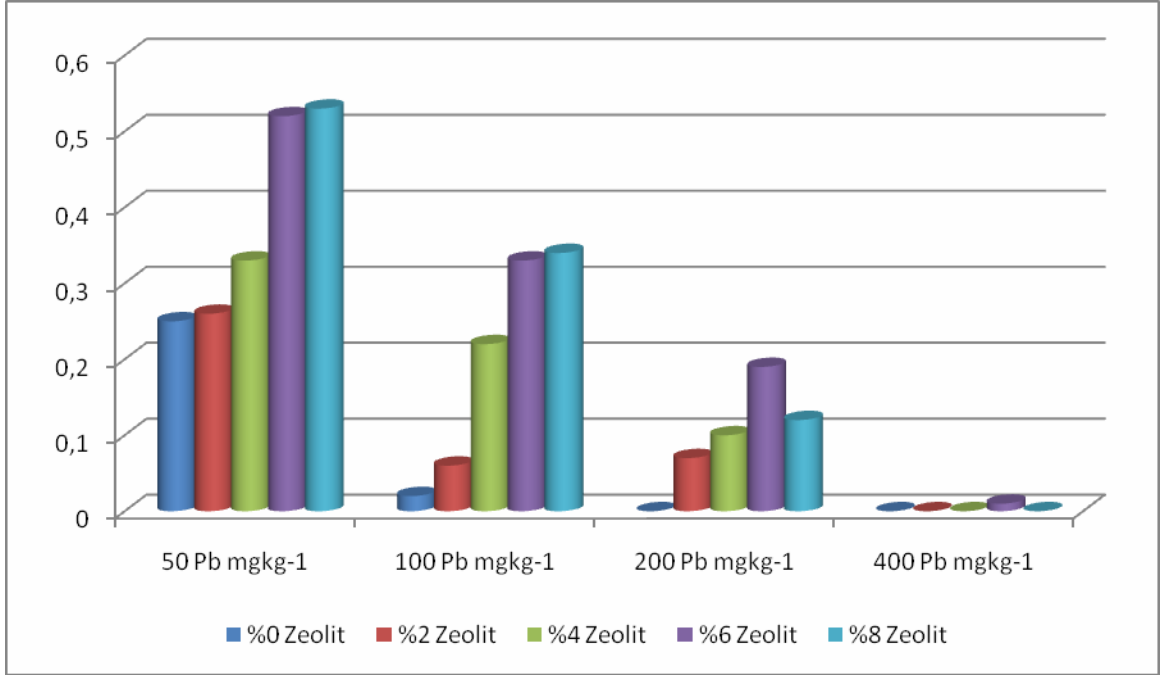
bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre % 0 ve % 2 zeolit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve bunlar aynı grupta yer almıştır. Yine benzer şekilde % 6 ve %8 zeolit uygulamaları arasındaki farkta istatistiksel olarak önemli bulunmamış ve bunlarda aynı grupta yer almıştır. Bu gruplar ile diğer uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Artan çinko konsantrasyonuna bağlı olarak ıspanak yaprak kuru ağırlığı incelendiğinde, Bütün Zn uygulama dozları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En büyük bitki yaprak kuru ağırlığı 50 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında ölçülürken, en küçük yaprak kuru ağırlığı 400 mgkg⁻¹ Zn uygulamasında bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak yaprak kuru ağırlıkları (gr).

Zeolit (%)	Zn(mgkg ⁻¹)				Ortalama
	50	100	200	400	
0	0.25	0.02	0.00	0.00	0.07c
2	0.26	0.06	0.07	0.00	0.10bc
4	0.33	0.22	0.10	0.00	0.16b
6	0.52	0.33	0.19	0.01	0.26a
8	0.53	0.34	0.12	0.00	0.25a
Ortalama	0.38a	0.19b	0.10c	0.00d	

	P	lsd
Zn	0.001	0.067
Zeolit	0.001	0.075
ZnxZeolit	ns	



Şekil 4.18. Zeolit ve çinko uygulanan topraklarda yetişen ıspanak kuru yaprak ağırlıkları

SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma sonuçlarında zeolit uygulamasının bitkilerin topraktan kaldırdıkları Pb düzeylerinde ve bitki boyu gelişimindeki etkileri istatistiksel olarak önemli düzeylerde bulunmuş olup, ıspanak bitkisinin kök ve yapraklarındaki kurşun düzeylerinde zeolit uygulamalarına bağlı olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Şöyle ki; 25 mgkg⁻¹ Pb uygulamaları incelendiğinde ıspanak bitkisinin kök kısmında belirlenen Pb konsantrasyonları yaprakta belirlenen düzeyin yaklaşık 3.5 katı daha yüksek bulunmuş, bu oran Pb uygulamalarına paralel olarak artarak 200 mgkg⁻¹ Pb uygulamasında 8 katına kadar çıkmıştır. Ispanak kökleri tüm uygulamalarda yaprak kısmına göre Pb' yi daha fazla biriktirmiştir. Ispanak bitkisinin uygulanan Pb konsantrasyonlarında kök bölgesinde tutulan Pb düzeyine zeolitin etkisi özellikle 100 mgkg⁻¹ Pb uygulamalarında belirgin olarak görülmüştür. Bu uygulamada Pb düzeyi artan zeolit uygulamalarına bağlı olarak azalış göstermiş olup, bu azalış % 8 zeolit uygulamasında 6 katına kadar ulaşmıştır. En yüksek Pb düzeyi olan 200 mgkg⁻¹ uygulamasında zeolit uygulamalarının bitkinin kök aksamında biriken Pb düzeyine çok etkili olmadığı, 200 mgkg⁻¹ Pb uygulama dozundaki bitki kökündeki Pb düzeyleri % 0 zeolit uygulamasına göre kıyaslandığında uygulanan zeolit dozlarının ancak bitkinin kök aksamında % 25 düzeyinde Pb düzeyini azalttığı, oysaki 100 mgkg⁻¹ Pb uygulamalarında kök kısmındaki Pb düzeyi azalışının % 80-85 düzeyine kadar ulaştığı görülmüştür. Tüm zeolit uygulama düzeyleri incelendiğinde % 0 zeolit uygulamasına göre diğer zeolit uygulamalarında bitki kök aksamlarında daha düşük düzeylerde Pb bulunmuş olup, Pb düzeyindeki bu azalış % 8 zeolit uygulamasında % 40' a kadar ulaşmıştır. Pb uygulamalarına göre bitkinin kök kısmındaki değişim incelendiğinde en düşük Pb uygulaması (25 mgkg⁻¹) ile en yüksek Pb uygulaması (200 mgkg⁻¹) arasındaki oran 8 kat olmasına karşın, bitki köklerindeki tespit edilen Pb düzeylerine göre en düşük ve en yüksek Pb arasındaki oran 4.7 kat bulunmuştur. Ispanak bitkisinin insanlar tarafından tüketilen aksamı bitkinin yaprak kısmı olduğundan, bu kısımdaki Pb düzeyi daha fazla önem taşımaktadır. Uygulanan zeolit dozları yapraktaki tüm Pb konsantrasyonlarını önemli oranda düşürmüştür. % 0 zeolit uygulaması ile % 2 zeolit uygulama dozları incelendiğinde, Pb konsantrasyonunun % 2 zeolit uygulama dozunda % 0 zeolit uygulama dozuna göre yaklaşık % 55–60 arasında azaldığı gözlenmiştir. Pb uygulamalarına göre bitkinin yaprak kısmındaki değişim incelendiğinde en düşük Pb uygulaması (25 mgkg⁻¹) ile en yüksek Pb uygulaması (200 mgkg⁻¹) arasındaki oran 8 kat olmasına karşın, bitki yapraklarında tespit

edilen Pb düzeylerine göre en düşük ve en yüksek Pb arasındaki oran yaklaşık 2 kat olarak bulunmuştur. Yukarıda belirtildiği gibi bu oran bitkinin kök aksamında 4.7 kat olarak belirlenmişti. Bu bulgular bitkinin dokularındaki Pb dağılımında da önemli farklılığın olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, zeolit uygulaması sonucunda ıspanak bitkisinin topraktan Pb alımında yarı yarıya bir azalmanın mümkün olabileceğini göstermiştir. Bu durum toprakta bulunan Pb' nin zeolit tarafından kuvvetli bir şekilde adsorbe edildiğini göstermektedir. Zeolitin yüksek düzeydeki adsorbsiyon özelliğini belirleyen ve bu özelliğinden faydalanılarak ağır metal tutumuna yönelik olarak çalışmalar yapan Alyüz ve Veli (2005), atık su arıtmak için kullanılan absorbanlarla çalışmışlar; aktif karbonun yüksek maliyetli olmasından dolayı zeolitin metal bağlama kapasitelerinin yüksek oluşundan dolayı aktif karbona alternatif olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca Peker (1992), tarafından toksik kirleticilerin tabii yöntemlerle giderilmesine yönelik olarak yapılan bir çalışmada da; yüksek konsantrasyonda Pb^{++} içeren atık suların temizlenmesinde Bigadiç Zeolit Tüfü materyal olarak kullanılmış, elde edilen bulgular sonucunda atık sularda bulunan Pb' nin önemli düzeyde zeolit tarafından tutulduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan araştırmada bitki gelişim performansları incelendiğinde % 0 zeolit uygulamasındaki bitki boyları ile % 4 zeolit uygulamasındaki bitki boyları arasında da önemli düzeylerde değişimler gözlenmiştir. Ispanak bitki boyu uzunluğu % 4 zeolit uygulamasında % 0 zeolit uygulamasına göre yaklaşık iki kat artmıştır. Toplam bitki boyundaki bu değişimin, bitkinin kök ve yaprak kısmındaki dağılımı toplam bitki boyuna benzer oranlarda bulunmuştur. Yani zeolitin bitki boyundaki artışa neden olan etkisi kök ve yaprak aksamında birbirine yakın olarak gözlenmiştir. Bitki yaş ağırlığı üzerine zeolitin etkisine bakacak olursak, % 4 zeolit uygulamasındaki bitki yaş ağırlığı % 0 zeolit uygulamasına göre yaklaşık üç kat daha fazla bulunmuştur. Toplam bitki ağırlığındaki bu değişimin bitkinin kök ve yaprak yaş ağırlığındaki dağılımına baktığımızda bitki boyunda olduğu gibi bu dağılımında kök ve gövde ağırlığına yansımaları birbirine yakın oranlarda olmuştur. Gerek istatistiksel sonuçlar gerekse bitkinin gelişim performansları incelendiğinde % 4 zeolit uygulamasının uygulanan Pb düzeylerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer konular üzerinde çalışma yapan Burriesci ve ark. (1984), zeolitin ıspanak üretiminde su ve gübre verimliliğini artırıp kolaylaştırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca Kütük ve ark.(1996), saksıda yetiştirilen fasulyelerde yaptıkları bir çalışmada, fasulye bitkisinden elde edilen ürünün yaş ve kuru ağırlığı ile toprak üstü

aksamının kuru ağırlığı üzerine farklı oran ve fraksiyonlardaki zeolitin etkisinin istatistiksel yönden önemli olduğunu bulmuşlardır.

Çinko uygulaması yapılan topraklara ilave edilen zeolitin bitkilerin gelişim performansları üzerine etkisi incelendiğinde % 0 zeolit uygulamasındaki bitki boyları ile % 6 zeolit uygulamasındaki bitki boyları arasında da önemli düzeylerde farklılıklar gözlenmiştir. Ispanak bitki boyu uzunluğu % 6 zeolit uygulamasında % 0 zeolit uygulamasına göre yaklaşık üç kat artmıştır. Toplam bitki boyundaki bu değişime paralel olarak, bitkinin kök ve yaprak kısmındaki değişimi de toplam bitki boyuna benzer oranlarda bulunmuştur. Yani zeolitin bitki boyundaki artışa neden olan etkisi kök ve yaprak aksamında birbirine yakın düzeylerde gözlenmiştir. Bitki yaş ağırlığı üzerine zeolitin etkisine de bakacak olursak, % 6 zeolit uygulamasındaki bitki yaş ağırlığı % 0 zeolit uygulamasına göre yaklaşık beş kat daha fazla bulunmuştur. İstatistiksel sonuçlar ve bitki gelişim performansları uygulanan düşük ve orta düzeylerdeki çinko uygulamalarında % 6'lık bir zeolit uygulamasının etkili olduğu sonucunu göstermiştir. Çinko toksitesine bağlı olarak bitkilerin ağırlıklarında ve uzunluklarında önemli değişimler gözlenmiş olup, artan çinko konsantrasyonuna bağlı olarak bitkinin uzunluğu ve ağırlığında azalmalar gözlenmiştir. Özellikle 400 mgkg^{-1} çinko uygulamasında zeolit ilave edilen örneklerde bitki çıkışı dahi olmamıştır. Yani bu düzeydeki bir Zn konsantrasyonunda uygulanan zeolit dozları etkisiz kalmıştır. Bu da yüksek Zn kirliliklerinde bitkinin toksiteden etkilenmesinin kaçınılmaz olduğunu göstermektedir.

Uygulanan Pb ve Zn ağır metal uygulamalarında zeolitin etkisinin araştırıldığı bu çalışmada yukarıdaki bulgular doğrultusunda, özellikle yüksek düzeylerdeki Zn kirliliği oluşturulan alanlarda zeolit uygulamasının Zn toksitesinin önlenmesinde fazla etkili olmadığı, ancak uygulanan Pb dozları ile düşük ve orta düzeydeki Zn uygulamalarında % 4-6 aralığındaki bir zeolit uygulamasının etkili olabileceği, zeolit uygulaması ile topraktan bitkiye ağır metal geçişlerinin önemli düzeylerde azaltılabileceği, ayrıca ağır metalin bitkideki toksik etkilerinin azaltılmasından dolayı bitki veriminin arttırılabileceği elde edilen bulgulardan söylenebilir. Yine de her ne kadar bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunu zeolit uygulamaları azaltsa da insan sağlığı açısından bitkilerde öngörülen düzeye indirip indiremeyeceği konusunda daha detaylı çalışmaların farklı pH, organik madde içeriği ve farklı kil miktarı ve kil tipi içeren toprak koşullarında araştırılmasının gerektiği elde edilen veriler doğrultusunda önerilmiştir.

Bilindiği gibi, Zeolitler bir mineral grubun ismidir. Bilinen 40' a yakın doğal mineral vardır. Zeolitler volkanik küllerin su ortamında değişime uğraması sonucunda oluşurlar.Çevreci bir mineraldir. Aşırı gübreleme veya yanlış sulama nedeniyle azotlu gübrelerin yıkanarak yer altına geçmesine engel olur ve su kirliliğini önler. Bu nedenle bazı ülkelerde şehir ve sanayi sularının arıtılmasında da kullanılır.

Ülkemizde en yaygın zeolit türü klinoptilolit doğal zeolitlerdir. Tarımda toprak düzenleyicisi olarak da kullanılması önerilen zeolit, ince bir şekilde ğtlp toprağa karıştırıldığı takdirde toprağın su tutma kapasitesini artırmakta ve verime olumlu etki yapmaktadır. Klinoptilolitlerin Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Cr, Mn, Fe gibi ağır metal iyonlarının gideriminde etkin olduğu, bu nedenle bir çok sektörde kullanılacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akıncı, İ. E., Akıncı, S., Yılmaz, K., 2010. Response of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to Lead Toxicity: Growth, Element Uptake, Chlorophyll and Water Content, *African Journal of Agricultural Research*, 5(6) : 416-423
- Akıncı, İ. E., Akıncı, S., Yılmaz, K., 2010. Manganese Toxicity on Manganese Accumulation and Mineral Composition of Tomato, *Journal of Chemistry*, 22(9) : 6991-6997
- Alkan, U., Çalışkan Eleren, S., Odabaş, E., 2006. Cr⁺⁶ ve Zn⁺² Metallerinin Aktif Çamur Sistemine Toksik Etkileri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(2) : 93, Bursa.
- Altan, A., Altan, Ö., Alçıçek, A., Nalbant, M. ve Akbank, Y., 1998. Tavukçulukta Doğal Zeolit Kullanımı I., *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1,2,3) : 9-16, ISSN 1018-6651, İzmir.
- Alyüz, B., Veli, S., 2005. Low-Cost Adsorbents Used in Heavy Metal Contaminated Waste Water Treatment. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 3 : 94-99.
- Asri, F. Ö., Sönmez, S., 2007. Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü*, Antalya.
- Auburn, A. L., 2000. Heavy Metal Soil Contamination. *Soil Quality – Urban Technical Note No:3*.
- Ayan, S., 2001. Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Zeolit Kullanılabilirliği, *DOA Dergisi*, (7) : 97-111.
- Aydın, M. E., Özcan, S., Sarı, S. 2004. Ağır Metallerin Doğal Killerle Uzaklaştırılması. 1. Ulusal Çevre Kongresi 13–15 Ekim.
- Balkayan, N., Cesur, N., 2002. Fosfojips Kullanılarak Kurşun Giderimi, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 11(42) : 27-29.
- Black, C.A. 1965. *Methods of Analysis Argreon*. No:9, Part 2. American Society of Agriculture. Madison Wisconsin. USA p:1572.
- Bouyoucus, G.J. 1951. A Recalibration of the Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomic Journal*, 43: 434-438.

- Burriesci, N., Valante, S., Ottana, R., Cimino, G. And Zipelli, C. 1984. Utilization of Zeolites in Spinac Growing Zeolites 4: 5-8.
- Çağlar, K. Ö. 1949. Toprak Bilgisi Ders Kitabı, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No:10, Ankara.
- Çamur, M. Z., Yazıcıgil, H. 2005. Laboratory Determination of Multicomponent Effective Diffusion Coefficients for Heavy Metals in Compacted Clay. Turkish Journal of Earth Science. 14(1):91-103.
- Demir, R., Aydın, F., 2000. Foseptik Atıklar İle Sulanan Marullarda (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia* Lam.) Ağır Metal Miktarları Üzerinde Bir Çalışma, Ekoloji Çevre Dergisi, 9(36) : 15-17.
- Demirtaş, I. E., Arı, N., Arpacıoğlu, A. E., Özkan, C. F., Öktüren, F., 2009. Örtüaltı Domates Yetiştiriciliğinde Mantar Kompost Atığı Kullanımının Ağır Metal Kirliliği Üzerine Etkisi, I.GAP Organik Tarım Kongresi. S:713-718. Şanlıurfa.
- Derici, R., Evliya, H., Ağca, N., Özkutlu, F., Eker, S., Öztürk, L., 2002. Çukurova Bölgesinde Toprak ve Bitkilerde Kadmiyum Konsantrasyonunun Araştırılması ve Bitkilerde Kadmiyum Birikimini Etkileyen Faktörlerin Toprak Analizleri ve Sera Denemeleri ve İncelemesi. Tübitak Togtag Tarp . Proje No: 2382, 2002: 1-87.
- Dudka, S., Miller, W. P., 1998. Permissible Concentrations of Arsenic and Lead in Soils Based on Risk Assessment. Water, Air and Soil Pollution, 113: 127–132.
- Elzinga, E. J., Sparks, D. L., 2001. Reaction Condition Effects on Nickel Sorption Mechanisms in Illite-Water Suspensions. Soil Science Society of American Journal, 65(1): 1–278.
- Ergün, N., Öncel, Işıl., 2009. Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) İlk Gelişme Döneminde Kök ve Gövde Büyümesi Üzerine Bazı Ağır Metal ve Ağır Metal Hormon Uygulamalarının Etkileri, Yyü Tar Bil Derg, 19(1): 11-17
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., Talaz, S., 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Bazı Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn, Mm) Bakımından Genel Durumu. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Ankara.
- Flanigen, E.M., 1981. Crystal Structure and Chemistry of Natural Zeolites, p. 19 52., In F. A. Mumpton (ed) Review in Minerology, Vol. 4., Min. Soc. of Am.

- Freibach, H. S., Hadar, Y., 2004. Interaction of Iron Chelating Agents with Clay Minerals. Soil Science Society American Journal, 68(2): 470–481.
- Gönülsüz, E., Mordoğan, N., 2000. Şeftali Bahçelerindeki Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 37:67–76.
- Gören, S., Esen, M., 2010. Tıbbi Atık Yakma Küllerinde Ağır Metal Giderimi, Ekoloji 19 (77): 51-58.
- Gül, A., Eroğul, D., Ogun, A. R., Tepecik M. 2009 www.ipipotash.org/odocs/zeolite%20Acts%20Potassium%20Nutritionpdf 27.09.2010
- Hamurcu, M., Özaytekin, H. H., Mikailsoy, F. D., Gezgin, S. 2003. Bazı Kil Tiplerinin Bor Adsorpsiyon Kapasitelerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 17(31):41–47.
- Hays, L. W., 1988. Statistics, Holt Rinehart and Winston, Inc., London, Fourth Edition, P 544.
- Hongping, H., Jiugau, G., Xiande, X., Jinlian, P., 2000. Experimental Study of the Selective Adsorption of Heavy Metals onto Clay Minerals. Chinese Journal of Geochemistry. 19(2):105–109.
- Hüseyinova, R., Kutbay, H. G., Bilgin, A., Kılıç, D., Horuz, A, Kırmanoğlu, C., 2009. Sulphur and Some Heavy Metal Contents in Foliage of *Corylus avellana* and Some Roadside Native Plants in Ordu Province, 18(70) : 10-16.
- Ingwersen, J., Street, T., 2005. A Regional-Scale Study on the Crop Uptake of Cadmium from Sandy Soils: Measurement and Modeling. Journal of Environmental Quality. 34: 1026–1035.
- Janssen, R. P. T., Bruggenwert, M. G. M., VAN-RIEMSDIJK, W. H., 2003. Zinc Adsorption on Montmorillonite-Al Hydroxide Polymer Systems. European Journal of Soil Science, 54: 347–355.
- Jones, J. R., J. B., Case, V. W., 1990. Samplin, Handling and Analysing Plant Tissue Samples. Chapter 15 In R.L. Westerman (ed) Soil Testing and Plant Analysis (Third edition) P: 390-420 SSSA Madison U.S.A.
- Kabata Pendias, A., Mukherjee, A. B., 2007. Trace Elements from Soil to Human. ISBN 13, Springer-Verlag Berlin.

- Karathanasis, A. D. 1999. Subsurface Migration and Zinc Mediated by Soil Colloids. Soil Science Society American Journal, 63(4): 733–1038.
- Kaya, Z., Ortaç, İ. 2000. Toprağa Uygulanan Piritin Fosfor ve Çinkonun Dinamiği ve Bitkilerce Alımı Üzerine Etkileri. Tübitak Togat. Proje no.1724:1–59.
- Kütük, A. C., Yüksel, M., Sözüdoğru, S., Öner, F., Kayabalı, İ., 1996. Gördes Zeoliti (Klinoptilolit) Tüflerinin Mineralojisi ve Bitki Yetiştirme Ortamında Kullanımı. Jeoloji Mühendisliği, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını. 48 : 32-39
- Lothenbach, B., Krebs, R., Furrer, G., Gupta, S. K., SCHULIN, R., 1998. Immobilization of Cadmium and Zinc in Soil by Al-Montmorillonite and Gravel Sludge. European Journal of Soil Science. 49: 141–148.
- Luczak, B., 1998. Fixation of Pb-Cations By two Different Types of Clays from the Polish Lowland in Warsaw's Surroundings. www.prgue2000.fsu.edu/content/pdf/156.pdf
27.09.2010
- Markert, B., 1993. Plants as Biomonitors: Indicators for Heavy Metals in Terrestrial Environment. VCH Verlagslesellschaft, Weinheim.
- Marschner, H., 1983. Nutrient Mobility, Root Growth and Root Induced Changes in the Rhizosphere as Factors of Nutrient Ability in Soils of Semiarid and Arid Areas. Proc. 17th Coll. Intern. Pot. Inst. Bern. 107–128.
- Mınlın, N., 1985. Specific Sorption of Changeable Charge Surface of Minerals in Soil to Heavy Metals. Bulletin of Soils, 16: 138–141.
- Mınzuroğlu, Ö., Gür, N., 2000. Ağır Metallerin Elma (Malus sylvestris Miller cv.Golden)'da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. TÜBİTAK, Turk J Biol 24:677–684
- Moral, R., Gilkes, R.J., Moreno-Caselles, J., 2002. A Comparison of Extractants for Heavy Metals in Contaminated Soils from Spain. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 33: 2781–2791.
- Mull, R., Nordmeyer, H., 1994. Pflanzenschutzmittel im Grundwasser. Springer, Berlin.
- Pavlova, D. K., Alexandrov, S. N., 2003. Metal Uptake in Some Plants Growing on Serpentine Areas in the Eastern Rhodopes Mountains (Bulgaria). Ot Sistemik Botanik Dergisi. 10(2):13-30.
- Peker, İ., 1992 Toksik Kirleticilerin Tabii Yöntemlerle Giderilmesi, Ekoloji Çevre Dergisi, 1(3) : 11 – 14.

- Radthe, U., 1993. Schwermetalle. Untersuchungen zur Schwermetallverteilung und Dynamik in Rezenten Böden, Palaoböden, Flugsedimenten, Mooren und Kinderspielplätzen. Dusseldorf Geographische Schriften, p:31.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. Paul Parey, Hamburg and Berlin p:60.
- Rivero-Gonzales and Rodriguez-Fuentes, 1988. Cuban experience with the use of natural zeolite substrates in soilless culture, Proc.Intern. Congress on Soilless.
- Sauve, S., McBride, M., Henderhot, W., 1998. Soil Solution Speciation of Lead (II): Effects of Organic Matter and pH. Soil Science Society American Journal, 62(3): 553–846
- Scheidegger, A.M., Lamble, G.M., Sparks, D.L., 1996. Spectroscopic Evidence for the Formation of Mixed-Cation Hydroxide Phases upon Metal Sorption on Clays and Aluminum Oxides. Journal of Colloid and Interface Science. 186 : 118–128.
- Schicker, H., Haddar, C., 1999. Response of Antioxidative Enzymes to Nickel and Cadmium Stress in Hyperaccumulator Plants of Genus Alyssum, Physiol. Plant 105: 39–44.
- Shuman, L.M., 1979. Zinc, Manganese and Copper in Soil Fractions. Soil Science, 127: 10–17.
- Shuman, L. M., 1999. Effect of Organic Waste Amendments on Zinc Adsorption by Two Soil. Soil Science. 164(3): 197–205.
- Singh, S. P., Ma, L.Q., Harris, W.G., 2001. Heavy Metal Interactions with Phosphatic Clay. Journal of American Quality, 30: 1961–1968.
- Spona, K. D., Baum, G., 1993. Untersuchungen zur Pflanzverfolgbarkeit von Blei, Cadmium, Kupfer und Zink auf kontaminierten Böden in einem industriellen Ballungsgebiet. Dusseldorfer Geographische Schriften, 203–222.
- Stevens, D., 2003. Managing Cadmium in Vegetables. Vegnotes July.
- Topçuoğlu, B., Önal, M.K., Arı, N., 2003. Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi I. Bitki Besinleri ve Ağır Metal İçerikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.16(1): 87–96.
- Türer, D., Maynard, B., Sansalone, J.J., 2000. Heavy Metal Contamination in Soils of Urban Highways: Comparison Between Runoff and Soil Concentrations at

- Cincinnati, Ohio. Water, Air and Soil Pollution. Kluwer Academic Publishers Nedherland. 132: 293–314.
- Türkman, A., Aslan, Ş., Ege, İ., 2001. Doğal Zeolitlerle Atıksulardan Kurşun Giderimi (Lead Removal From Wastewaters By Natural Zeolites) DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 3(2) : 13-19, İzmir.
- Tüzüner, A., Tınay, E., 1984. Biga Yöresi Zeolitlerinin (Klinoptilolit) Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 110, Rapor Seri No: 48, Ankara.
- Uğurlu, A., Pınar, A., 2004. Doğal Zeolitlerin Atıksu Arıtımında Kullanımı, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 28(2), Ankara.
- Uluocak, E., Yılmaz, K., Dikici, H., 2006. 18th International Soil Meeting (ISM) on “Soil Sustaining Life on Earth, Managing Soil and Technology” Proceedings Volume I, May 22-26, Şanlıurfa, TURKEY.
- Uluocak, E., Yılmaz, K., 2009. The Effect of Varying Clay Mineral Composition Uptake Nickel and Cadmium by Cucumber, Proceedings of 14th National Clay Symposium, p.548-558, October 1-3, Trabzon, TURKEY.
- Walkl, A., 1946. A Critical Examination of a Rapid Method for Determining Organic Carbon in Soils. Soil Science, 63:251:263.
- Wang, C. X., Mo, Z., Wang, H., Wang, Z. J., Cao, Z. H., 2003. The Transportation, Time Dependent Distribution of Heavy Metals in Paddy Crops. Chemosphere. 50: 717 723.
- Weber, M. A., Barbarick, K.A., Westfall, D. G., 1983. Ammonium Adsorbsiyon by a Zeolite in Static and a Dynamic System, J. Environ. Qual., 12: 549–552
- Wenzel, W. W., Adriano, D. C., Salt, D., Smith, R., 1999. Pytoremediation: 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, WI.
- Yağdı, K., Kaçar, O., Azkan, N., 2000. Topraklardaki Ağır Metal Kirliliği ve Tarımsal Etkileri. On Dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 15(2): 109–115.
- Yılmaz, K., Akıncı, İ, E., Akıncı, S., 2009. Effect of Lead Accumulation on Growth and Mineral Composition of Eggplant Seedlings (Solanum Melongena), New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 37: 189-199, New Zealand.

- Yüksel, O., Taylan, S., Arslan, A., 2007. Endüstriyel Atıksulardan Ağır Metallerin Zirai Atıklarla Adsorbsiyonu, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknolojisi, 24-27 Ekim, İzmir.
- Zhang, M. K., He, Z. L., Calvert, D. V., Stoffella, P. J., Yang, X. E., Li, Y. C. 2003. Phosphorus and Heavy Metal Attachment and Release in Sandy Soil Aggregate Fractions. 97: 1158–1167.
- Zhou, D., Chen, H., 2000. Cr Adsorption on Four Typical Soil Colloids: Equilibrium and Kinetics Journal of Environmental Sciences. 12: 325–329.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Yasemin YÜKSEL
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 07.12.1984/ ORDU
Medeni hali : Bekar
e-posta : yuksel_yasemin@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	KSÜ/Toprak ve Bitki Besleme A.B.D.	2011
Lisans	KSÜ/ Toprak ve Bitki Besleme	2007
Lise	Ordu Atatürk Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2003	Flora Süs Bitkileri (Kahramanmaraş)	Stajer
2004	Gürsoy Tarımsal Ürünler (Ordu)	Stajer
2006	TÜİK Tarımsal İşletmeleri Çalışması (Kahramanmaraş)	Anketör
2009-2010	Pioneer Toprak Labaratuvarı (Adana)	Ziraat Mühendisi
2011...	Akkuş Ziraat Odası (Ordu)	Ziraat Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce
İtalyanca

Hobiler

Amatör fotoğrafçılık, Voleybol, Belgeseller, Kitaplar, Doğa Yürüyüşleri