

**TOPRAKLARIN AĞIR METAL İÇERİKLERİ
ÜZERİNE ÇEŞİTLİ BAKTERİ
İZOLATLARININ ETKİLERİ**

Emrah YILDIRIM

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Bitki Besleme Bilim Dalı

Doç. Dr. Serdar BİLEN

2017

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TOPRAKLARIN AĞIR METAL İÇERİKLERİ ÜZERİNE
ÇEŞİTLİ BAKTERİ İZOLATLARININ ETKİLERİ**

Emrah YILDIRIM

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
Bitki Besleme Bilim Dalı**

**ERZURUM
2017**

Her hakkı saklıdır



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



TEZ ONAY FORMU

**TOPRAKLARIN AĞIR METALİÇERİKLERİ ÜZERİNE ÇEŞİTLİ BAKTERİ
İZOLATLARININ ETKİLERİ**

Doç. Dr. Serdar BİLEN danışmanlığında, Emrah YILDIRIM tarafından hazırlanan bu çalışma, 28.04/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı - Bitki Besleme Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (.../...) ile kabul edilmiştir.**

Başkan: Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT

Üye : Doç. Dr. Serdar BİLEN

Üye : Doç. Dr. Arzu ALA GÖRMEZ

İmza :

İmza :

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu.../05/2017 tarih ve ...18./...16.....
nolukararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü**

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi
**TOPRAKLARIN AĞIR METALİÇERİKLERİ ÜZERİNE
ÇEŞİTLİ BAKTERİ İZOLATLARININ ETKİLERİ**

Emrah YILDIRIM

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Bitki Besleme Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Serdar BİLEN

Topraklardaki ağır metal kirliliği çevresel problemlere sebep olduğu gibi, bunların eksikliği de toprak-bitki-hayvan sisteminde ciddi dengesizliklere sebep olabilmektedir. Ağır metal içeriği yüksek olan ve sorun teşkil eden tarım alanlarının ıslah çalışmaları son zamanlarda yaygın olarak araştırılmaktadır.

Bu çalışmada da toprakların ağır metal içerikleri üzerine çeşitli bakteri izolatlarının etkileri araştırılmıştır.

Araştırmada materyal olarak; 13 farklı bakteri izolatı, içerisinde ağır metal iyonlarını (Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Ni, Cd ve Pb) barındıran çözelti ve bünyesinde ağır metal içeren toprak kullanılmıştır.

Araştırmada; bakteri izolatlarının Nutrient Broth (NB) sıvı çözeltisi içerisinde absorpsiyon kapasiteleri belirlenmiştir. Yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip bakteriler (*Staphylococcus cohnii*, *Sphingobium yanoikuyae*, *Vibrio hollisae*, *Xanthobacter flavus*, *Acinetobacter lwoffii*), ağır metal içeriği yüksek olan toprakların ıslahında kullanılarak etkinlikleri değerlendirilmiştir.

Araştırmada elde edilen sonuçlara göre, *Staphylococcus cohnii* 'nin toprakta en fazla Pb ağır metalini, *Sphingobium yanoikuyae* 'nin toprakta en fazla Al ağır metalini, *Vibrio hollisae* 'nin toprakta en fazla Al ağır metalini, *Xanthobacter flavus* 'un toprakta en fazla Al ağır metalini ve *Acinetobacter lwoffii* 'nin toprakta en fazla Al ağır metalini absorbladığı belirlenmiştir.

Ağır metallerle kirlenmiş toprakların ıslahında bakterilerin kullanılması ekonomik ve pratik olacaktır.

2017, 37 sayfa

Anahtar Kelimeler: Bakteri izolatları, NB, Toprak içerisinde bakteri absorpsiyon kapasitesi, Ağır metallerle kirlenmiş topraklar.

ABSTRACT

Master Thesis

ON THE HEAVY METAL COMPONENTS OF THE SOILS EFFECTS OF VARIOUS BACTERIAL INSPECTIONS

Emrah YILDIRIM

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serdar BİLEN

The heavy metal pollution in the soil causes environmental problems, and their deficiency can cause serious imbalances in the soil-plant-animal system. Rehabilitation studies of agricultural areas with high heavy metal contents and problems have been extensively investigated recently.

In this study, the effects of various bacterial isolates on the heavy metal contents of soils were investigated.

In the research; 13 different heavy metal absorbing bacteria, a solution containing a number of heavy metal ions (Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Ni, Cd and Pb) and heavy metal containing soil were used.

In the research; The absorbance capacities of bacterial isolates in Nutrient Broth (NB) liquid solution were determined. Bacteria with high absorbing capacity (*Staphylococcus cohnii*, *Sphingobium yanoikuyae*, *Vibrio hollisae*, *Xanthobacter flavus*, *Acinetobacter lwoffii*) were evaluated for their use in cultivation of soil with high heavy metal content.

According to the results of the research, it is found that *Staphylococcus cohnii* has the highest Pb heavy metal in the soil, *Sphingobium yanoikuyae* has the highest amount of Al heavy metal in the soil, *Vibrio hollisae* has the highest amount of Al heavy metal in the soil, *Xanthobacter flavus* has the highest amount of Al heavy metal in the soil, It was determined that *Acinetobacter lwoffii* absorbed the most heavy metals in the soil.

The use of bacteria in the treatment of contaminated soils with heavy metals will be economical and practical.

2017, 37 pages

Keywords: Bacterial isolates, NB, Bacteria absorption capacity in soil, Heavy metals contaminated soil.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın, planlanıp yürütülmesinde bilgi birikimi ve engin tecrübelerini benimle paylaşan, yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmamın her aşamasında destek ve özverisiyle beni yönlendiren, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım danışman hocam Sayın Doç. Dr. Serdar BİLEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Yine eğitimim boyunca bilgi ve katkılarından yararlandığım Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Başkanı Sayın Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Adil AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Yine bakteri kültürlerinin sağlanmasında yardım ve emeği geçen Sayın Doç. Dr. Arzu Ala GÖRMEZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Bölümde laboratuvar araştırmalarım süresince yardımlarını eksik etmeyen Araştırma Görevlisi Sayın Serdar SARI ve Laborant Sayın Cihan VURAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi olarak desteklerini eksik etmeyen, beni yetiştiren aileme, şükranlarımı ve sevgilerimi sunarım.

Emrah YILDIRIM

Nisan, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	9
3.1. Materyal.....	9
3.1.1. Denemenin yürütüldüğü alan ve genel özellikleri.....	9
3.1.1.a. Toprak örneğinin alındığı yer	9
3.1.1.b. Deneme alanının toprak özellikleri	9
3.1.1.c. Deneme alanının iklim özellikleri	9
3.1.1.d. Deneme alanının tarımsal yapısı	10
3.1.2. Saksı	10
3.1.3. İnkübatör	10
3.1.4. Ağır metal çözeltileri.....	10
3.1.5. Bakteri kültürleri	11
3.2. Yöntem	11
3.2.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması	11
3.2.2. Toprak analiz yöntemleri.....	12
3.2.2.a. Toprak reaksiyonu	12
3.2.2.b. Kireç miktarı.....	12
3.2.2.c. Organik madde	12
3.2.2.d. Katyon değişim kapasitesi (KDK)	12
3.2.2.e. Değişebilir K ve Na	12
3.2.2.f. Değişebilir Ca + Mg.....	13
3.2.2.g. Elverişli fosfor	13

3.2.2.h. Toplam azot.....	13
3.2.2.i. Elektrik iletkenlik.....	13
3.2.2.j. Toprak tekstürü	13
3.2.2.k. Mikro element ve ağır metal analizleri.....	14
3.2.2.l. Metal çözeltilerinin hazırlanması	14
3.2.2.m. NB içerisinde ağır metal çözeltilerinin hazırlanması	14
3.2.2.n. Metal Absorbsiyon Kapasitesinin Belirlenmesi	15
3.2.3. Biyolojik yöntemler.....	15
3.2.3.a. Bakteri çözeltilerinin hazırlanması	15
3.2.3.b. Toprak materyalindeki bakteri ve mantar sayısının tespiti	17
3.2.3.c. Toprakların CO ₂ miktarının tespiti	17
3.2.4. Deneme planı.....	18
3.2.5. İstatistiksel analiz yöntemleri	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	19
4.1. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	19
4.2. Nutrient broth çözeltisinin ağır metal içerikleri	20
4.3. Nutrient Broth Çözeltisine Ağır Metal İlavesi	20
4.4. Nutrient Broth Çözeltisine Bakteri İlavesinin Etkileri	21
4.5. Bakterilerin Toprakta Metal Absorbsiyon Kapasiteleri Üzerine Etkileri.....	23
4.5.1. <i>Staphylococcus cohnii</i> bakterisinin toprak ağır metal içeriğine etkisi	23
4.5.2. <i>Sphingobium yanoikuyae</i> bakterisinin toprak ağır metal içeriğine etkisi.....	25
4.5.3. <i>Vibrio hollisae</i> bakterisinin toprak ağır metal içeriğine etkisi	26
4.5.4. <i>Xanthobacter flavus</i> bakterisinin toprak ağır metal içeriğine etkisi.....	28
4.5.5. <i>Acinetobacter lwoffii</i> bakterisinin toprak ağır metal içeriğine etkisi	29
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	32
KAYNAKLAR	34
ÖZGEÇMİŞ	38

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrad Derece
Da	Dekar
dS/m	Desi Siemens/metre
g	Gram
ha	Hektar
kg	Kilogram
me	Mili Ekiyalan
mg	Miligram
mm	Milimetre
ppm	Milyonda Kısım
NB	Nutrient Broth
NA	Nutrient Agar
cfu	Cell Unit Forming
KDK	Kasyon değişim Kapasitesi
cm	Santimetre
mmhos	Elektriksel-Kondaktivite
µm	Mikrometre
l	Litre

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Nutrient Agar besi ortamında geliştirilen bakteri kültürleri	16
Şekil 3.2. Nutrient Broth içerisindeki ağır metal çözeltisi.....	17
Şekil 4.1. <i>S. cohnii</i> (44 No'lu) izolatının toprakta ağır metal absorpsiyon kapasitesine bağlı % değişim oranları.	24
Şekil 4.2. <i>S. yanoikuyae</i> (73 No'lu) izolatının toprakta ağır metal absorpsiyon kapasitesine bağlı % değişim oranları.....	25
Şekil 4.3. <i>V. hollisae</i> (105 No'lu) izolatının toprakta ağır metal absorpsiyon kapasitesine bağlı % değişim oranları.....	27
Şekil 4.4. <i>X. flavus</i> (Bakteri 132) izolatının toprakta ağır metal absorpsiyon kapasitesine bağlı % değişim oranları.....	28
Şekil 4.5. <i>Acinetobacter lwoffii</i> (Bakteri 180) izolatının toprakta ağır metal absorpsiyon kapasitesine bağlı % değişim oranları	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Kùltür koleksiyonundan elde edilen bakterilerin listesi.	11
Çizelge 3.2. Sulama Sularında Ağır Metallerin İzin Verilebilir Değerleri	14
Çizelge 3.3. Sulama Sularında Ağır Metallerin İzin Verilebilir Değerleri tablosunun kısa süreli kullanım miktarları göz önüne alınarak hazırlanan ağır metal çizelgesi	15
Çizelge 4.1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel, biyolojik ve kimyasal özellikleri.....	19
Çizelge 4.2. NB besiyerinin ağır metal içerikleri	20
Çizelge 4.3. NB besi ortamının ağır metal içerikleri ve ilave edilen ağır metal miktarları.	21
Çizelge 4.4 NB Besiyerine ilave edilen 13 adet ağır metal bakterisinin inkübasyonu sonrası elde edilen ağır metal içerikleri (ppm) ve absorbsiyon oranları ...	22

1. GİRİŞ

Toprak kirliliği, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin insan müdahalesi sebebiyle bozulması olarak tanımlanabilir. Dünya üzerinde bulunan topraklar birbirinden farklı oranlarda kirletilmesine karşın, en fazla risk toprağa bağlı yaşamını devam ettiren canlılar üzerine olmaktadır. Bu durum topraktaki kirlenmeye neden olan kirleticilerin meydana getirdiği riskleri bir an önce kaldırılması durumunu ortaya çıkarmaktadır.

Ülkemizde bulunan topraklar tarıma açılabilir ya da işlenebilir durumda toprak kaynağı kalmamış 19 ülkeden biridir. Ülkemizde bulunan topraklar üzerinde yapılan araştırmalara bakıldığında en önemli toprak sorunu olarak başlıca erozyon gelmektedir.

Günümüzde endüstriyellemenin artması ve bu endüstriyelleşme sonucu ortaya çıkan bilinçsiz sanayi kuruluşlarının atıklarını doğaya bırakması doğaya büyük bir zarar vermektedir. Doğaya bırakılan bu atıklar günümüzde büyük bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğaya bilinçsiz bir şekilde bırakılan bu atıklar şüphesiz toprağın altında ve üstünde bulunan organizmalara doğrudan veya dolaylı ciddi zararlar vermektedir.

Topraklara bulaşan ve bu ortamda birikim sağlayan kirlilik faktörlerinden birisi ağır metallerdir. Ağır metaller yer kabuğunda doğal olarak bulunurlar. Ağır metaller toprak içerisinde mikrobiyal yaşam döngüsüne, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısına, biyolojik çeşitliliğine, toprak üzerinden elde edilen ürünlerdeki kalitenin ve verimin azalmasına etki edebilmektedir. Ağır metaller, canlıların yaşam döngüsüne doğrudan veya dolaylı bir etki yaptığı için araştırılması gereken konuların başında gelmektedir (Anonim 2006).

Toprak içerisinde biriken ağır metaller buradan bitki doku ve organlarına nakledilebilmektedirler. Bu birikim sonucunda, bitkideki generatif ve vejetatif organların gelişiminde sıkıntılar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bitki bünyesinde biriken ağır metal iyonları bitkide stoma hareketleri, transpirasyon, enzim faaliyeti, fotosentez gibi birçok fizyolojik olaya olumsuz yönde etki etmektedir.

Toprakların ağır metallerle kirlenmesi, sanayileşme ve günümüzde yoğunlaşan tarım faaliyetleri sonucunda oluşabileceği gibi, bünyesinde ağır metal iyonlarını barındıran kayaçların farklı yollarla su ve topraklara intikali sonucunda da oluşabilmektedir. Atom ağırlıkları 63 ile 200 arasında bulunan kadmiyum, arsenik, civa, kurşun ve krom gibi metaller bu şekilde doğaya yayılabilmektedir (Anonim 2006).

Günümüzde insanoğlunun yüksek gelir elde etme isteği, tarım arazilerini amaç dışı kullanıma(kentleşme, sanayileşme vb.) yönlendirmiş ve bunun sonucunda bilinçsizce kurulan yapılar, çevre için büyük bir kirlilik kaynağı oluşturmuştur. Günümüzde zirai faaliyetler için kullanılan; gübre, hormon ve pestisit gibi kirleticilerde çevre ve toprak kirlenmesine etki etmektedir (Karaca ve Turgay 2012).

Bu araştırma bazı bakteri izolatlarının ağır metal absorpsiyon kapasitelerini belirlemek, yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip bakterileri izolatlarının toprakta bulunan ağır metal elementlerinin giderimindeki etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Özkütlesi 5 g/cm^3 'ten büyük olan veya atom ağırlığı 50 ve üzeri olan elementlere ağır metaller denir. Ağır metallere örnek olarak; Demir (Fe), Krom (Cr), Bakır (Cu), Civa (Hg), Çinko (Zn), Nikel (Ni) Kurşun (Pb), Kobalt (Co), ve Kadmiyum (Cd) verilebilir (Özdemir 1981).

Bu elementlerin birçoğu dünya üzerinde bulunan canlı organizmaların yaşam döngüsünü devam ettirebilmesi için elzemdir. Bu sebeple doğada bulunan ağır metallerin diğer canlılarla etkileşimi büyük bir öneme sahiptir. Topraklarda bulunan ağır metallerin fazlalığı kirliliğe sebep olabildiği gibi, aynı zamanda bunların eksikliği hayvan-bitki-toprak ilişkisinde büyük sıkıntılara neden olabilmektedir. Bu sebeple, ağır metallerle hayvan-bitki-toprak arasındaki dengenin sağlanması önemlidir. Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gerekir (Türkoğlu 2006).

Topraklarda metal giderimi üzerine yapılan araştırmalarda biyosorpsiyon, adsorpsiyon ve fitoremediasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Biyosorpsiyon metallerin canlı organizma tarafından alınarak uzaklaştırılmasıdır. Adsorpsiyon bir maddenin diğer bir madde yüzeyinde veya iki faz arasındaki ara yüzeyde yoğunluğunun artması ya da başka bir ifadeyle moleküllerin temas ettikleri yüzeydeki çekme kuvvetine bağlı olarak yüzeyle birleşmesi olayıdır. Metallerin biyosorpsiyonu (biyolojik adsorpsiyonu) genelde adsorpsiyon, kompleksiyon, iyon değişirme ve mikro çökme olaylarına dayanmakta olup hızlı ve tersine döndürülebilir bir olaydır. Fitoremediasyon ise bitkinin temel alındığı toprağı ıslah etme olayıdır. Fitoremediasyon ile organik ve inorganik maddeler, bitki kullanılarak kirlilik oluşturduğu topraklardan ortadan kaldırılabilir. Bu araştırmalarda kullanılan bitkisel organizmalarda aranılan özellikler, kirli alanlarda mevcut kirleticilerden zarar görmeden sağlıklı bir şekilde yetişebilmeleri, kök ve yeşil aksamalarını yeterli düzeylerde oluşturabilmeleridir (Hussein *et al.* 2004).

Biyosorpsiyon; yengeç kabukları, bakteri, alg ve fungus gibi biyomateriyaller kullanılarak metal içeren toprakların iyileştirilmesi için ekonomik, biyoteknolojik bir yöntem olarak bilinmektedir. Bir başka deyişle biyolojik materyallerin topraklardaki atık maddelerin hücre yüzeyi veya içerisinde birikmesine biyosorpsiyon denilmektedir (Chubar 2004).

Metalin topraktan uzaklaştırılmasında kullanılan biyosorpsiyon teknolojisini birçok faktör etkilemektedir. Biyosorpsiyon olayının oluşabilmesi için bazı koşulların optimal olması gerekmektedir. Biyosorbent yüzeyinde tutulacak olan metalin öncelikle biyokütle etrafını saran sıvı film içerisinden geçmesi gerekmektedir. Bu duruma film difüzyonu denir. Yüzeye gelen maddelerin, gözeneklerin iç kısımlarına ulaşabilmesi için por difüzyonu adı verilen bir geçişi daha tamamlamaları gerekmektedir. Bu aşamaları geçen metalin biyosorbent üzerine bağlanması ise son işlemdir. Biyosorpsiyon yöntemlerinde biyokütleyle bağlanan metal miktarının yalnız biyokütle türüne değil, metal iyonunun türüne ek olarak sıcaklık, konsantrasyon, biyokütle miktarı ve çözelti pH'sı gibi fizikokimyasal faktörlere de bağlı olduğu belirlenmiştir (Volesky 2003).

Biyosorpsiyon teknolojisini kullanarak topraklardan metal iyonlarının giderilmesinde; kimyasal çöktürme, iyon değişimi, ters osmoz, aktif karbon adsorpsiyonu gibi ikincil arıtımlar da gerektiren klasik arıtma yöntemleri uygulanmaktadır. Biyosorpsiyon bir ortamdan metal iyonlarının ölü biyokütle ile uzaklaştırılması olarak da adlandırılmaktadır. Organizmanın yüzeyleri negatif yüklü iyonlarla kaplı olduğundan, pozitif yüklü metal iyonları dış yüzeyine adsorbe etme yeteneğine sahiptir. Mikroorganizmalar ise metali hem aktif hem de pasif (biyosorpsiyon) olarak alırlar. Yapılan araştırmalar, biyosorpsiyon yönteminde pasif alımın aktif alıma göre daha çok uygulandığını göstermektedir. Bunun sebebi ise canlı sistemlerin (aktif alım) birçok yaşamsal maddeye ve ortama ihtiyaç duymasıdır. Pasif alımda ise böyle bir ihtiyaç ortaya çıkmamaktadır (Liu *at al* 2004).

Biyosorpsiyon yönteminin avantajları

1. Ölü biyokütleler atık veya doğal bir kaynaktan kolay ve ucuz bir şekilde elde edilebilmektedir. 2. Biyokütle inaktif olduğu için üreme parametreleri elemine edilmektedir. 3. Metal biyosorpsiyonu çok hızlı ve verimlidir, biyosorbent genellikle bir iyon değiştirici gibi davranmaktadır. 4. Canlı olmayan hücreler metal toksitesinden etkilenmezler. 5. Metal desorbe edilebilir veya geri kazanılabilir. 6. Sistem matematiksel olarak tanımlanabilir.

Biyosorpsiyonun dezavantajları

1. Hücre yüzeyi hızlı bir şekilde metal iyonuna doymuş hale gelmektedir. Yüzeyde metali tutan alan dolduğunda daha ileri arıtım için metali desorbe etmek gerekmektedir. 2. Ölü hücreler çökmeyi kolaylaştıran metalin değerliğini biyolojik olarak değiştirme potansiyeline sahip değildir. 3. Adsorpsiyon pH'a duyarlıdır. 4. Organik materyalleri, metabolik olarak parçalama potansiyeline sahip değildir (Macaskie *et al.* 1989).

Acinetobacter strainleri yağların parçalanmasında ve ağır metallerin ortamdan uzaklaştırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Rusansky *et al.* 1987, Boswell *et al.* 2001; Francisco *et al.* 2002). Bu bakterinin aynı zamanda zararlı atıkların yıkanması ve ortamdan uzaklaştırılmasında, toprak, temiz su, atık su ve bazı atıkların bertaraf edilmesinde önemli rolü olduğu bilinmektedir. *Acinetobacter* strainleri önemli biyolojik ürünler üretmektedir, bu nedenle tıp, çevre ve biyoteknoloji açısından fazlası ile dikkat çekmektedir (Abdel-El-Haleem, 2003).

Yapılan bazı çalışmalarda ağır metal ve PAH (poliakrilamid hidrokarbon) içerikli topraklarda mikrobiyal absorpsiyon materyali olarak *V. alginolyticus* izolatının kullanılabileceğini ifade edilmiştir (Daugulis and Janikowski 2002; Cunliffe and Kertesz, 2006; Wang *et al.* 2013).

X. flavus bakterisinin ağır metal absorpsiyon kapasitesinin mevcut olduğunu, pestisit ve herbisitlerde yaygın olarak bulunan hidrokarbonların parçalanmasında *X. flavus* bakterisinin büyük rol oynadığını ve kimyasal kirleticiler, kumlu topraklar ve atıksular için mikrobiyal parçalayıcı olduğunu ifade edene çalışmalar mevcuttur (Olaniran *et al.* 2001; Lee *et al.* 2002a; Lee *et al.* 2002b; Song *et al.* 2003).

Hardman *et al.* (1986) dört *Pseudomonas* ve iki *Alcaligenes* türü bakteri türünü topraklardan izole etmiş ve bunları alkanoik asit ihtiva eden ortamlarda geliştirdikten sonra bu bakteri türlerinin 2 veya daha fazla ağır metale (Hg, Se ve Al) karşı dayanıklı olduklarını ve ağır metali absorblama yeteneklerinin olduğunu ifade etmiştir (Hardman *et al.* 1986).

Adsorpsiyon; bir maddenin diğer madde yüzeyinde veya iki faz arasındaki ara yüzeyde konsantrasyonun artması veya başka bir ifadeyle moleküllerin temas ettikleri yüzeydeki çekme kuvvetlerine bağlı olarak, o yüzeyle birleşmesidir. (İlier and Mavituna 1991; Volesky 2004)

Bazı biokütleler ile ağır metal giderimi çalışmalarında, ölü (ısıtılarak öldürülmüş, asit/baz veya kimyasal işlemlerle öldürülmüş) veya canlı hücrelerin metal alabilme kapasiteleri karşılaştırılmış, çoğu kez ölü durumdaki mikroorganizmanın daha yüksek adsorplama kapasitesine sahip olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebinin de kirleticilerin hücreye taşınması sırasında engelleyici herhangi bir metabolik olayın gerçekleşmemesi, ölü hücre membranının geçirgenliğinin artması ve mikroorganizmanın ölümünü takiben hücre yüzey özelliklerinin değişmesi olduğu açıklanmıştır. Isıl işlem ile öldürme, kurutma ve granül hale getirme, formaldehit, deterjan gibi organik kimyasalların kullanımı, inorganik kimyasalların (NaOH, HCl, HNO₃, H₂SO₄, NaHCO₃, CaCl₂) kullanımı gibi mikroorganizma hücrelerini öldüren bazı ön işlemler yapılmaktadır. Bu ön işlemlerden, kurutma ve granül hale getirme işlemlerinin biokütlenin adsorpsiyon kapasitesini önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür (Tsezos and Volesky 1981).

Katı ya da sıvı yüzeylerine değmekte olan gazlar ya da çözünen maddelerin bu yüzeylerde tutunmalarına adsorpsiyon, bu maddeleri yüzeyinde tutan faza adsorplayıcı, tutunan maddeye de adsorplanan denir. Adsorpsiyon, bir katının ya da bir sıvının sınır yüzeyindeki konsantrasyon değişmesi olarak da tanımlanabilir (Bulut 2003).

Fitoremediasyon ise kirleticilerin bitkiler kullanılarak giderilmesi teknolojisine genel olarak verilen bir isimdir. Bu isim altında birçok farklı teknoloji yer almaktadır. Bu teknolojileri fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon, fitodegradasyon, fitovolatilizasyon, rizodegradasyon, rizofiltrasyon, hidrolik kontrol, vejetatif örtü sistemleri ve kıyı tampon şeritleri olarak sınıflandırmak mümkündür. Bu teknolojilerin her biri farklı ortamlarda farklı amaçlar için kullanılabilmektedir (Padmavathiamma *at al.* 2007).

Bitkiler tarafından topraklardan alınan kirleticiler, metaller (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn), metalloidler (As, Se), radionükleidler (⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ²³⁹Pu, ²³⁸U, ²³⁴U), ametaller (B) ve diğer organik bileşikler (TPH, PAHs, Pestisitler, PCBs) olmak üzere birçok maddeyi kapsamaktadır. Ancak bitkiler tarafından bir metalin topraktan alınabilmesi için, öncelikle toprak ortamının bitki isteklerine uygun olması gerekmektedir. Toprak pH'sı bu parametrelerin en önemli faktörü olarak gözükmektedir. Diğer taraftan topraktan ağır metal alma derecesi yüksek olan bitkilerin, özel coğrafik bölgelerde yetiştikleri ve bu sebeple özel gelişme şartları gerektirdikleri belirlenmiştir. Ancak çok geniş alanlarda gelişebilen ve fitoremediasyon amacıyla başarılı bir şekilde kullanılan bitkilerde bulunmaktadır (Anonim 2000).

Fabrikasyon atıkları bilinçsiz bir şekilde çevreye bırakıldığında doğaya ve toprağa büyük zararlar vermektedir. Amerika Birleşik Devletlerinde fabrikasyon atıklarının boşaltıldığı eski depolar ve boş araziler belli bir zaman zarfında çok büyük bir kirlilik kaynağı olarak ortaya çıkmış ve günümüzde bu kirliliğin giderilmesi için büyük paralar harcanmaktadır (Arhan 1986).

Ülkemizde ilk tehlikeli atık yakma tesisi Kocaeli'nde kurulmuştur. Günümüzde ülkemizde bulunan tehlikeli atık yakma tesisi sayısı yeterli değildir. Bu tesisler yoluyla

bertaraf edilemeyen atıklar doğaya ciddi zararlar vermektedir. Ağır metallerin çevreye yayılmasında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir (DİE 2003).

Kirlenmiş toprak yüzeylerinden yağmur sularının etkisiyle taşınan ağır metaller çok önemli bir kaynak olan, yeraltında bulunan içme sularını da kirletmektedir. Bu suların kirlenmesi sonucu birçok canlı organizma büyük zarar görmektedir (Freeze and Cherry 1997).

Ülkemizde de başta tuz ihtiyacımızı karşıladığımız tuz gölü olmak üzere kapalı göllerimizde yeterli çevresel önlem almadığımız ve su havzalarında kontrolsüz sanayileşmeye izin verdiğimizden dolayı ağır metal konsantrasyonu sürekli yükselmektedir (Kahvecioğlu *at al.* 2004).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Denemede materyal olarak toprak örneği, saksı, inkübatör, ağır metal çözeltileri ve çeşitli bakteri izolatları kullanılmıştır.

3.1.1. Denemenin yürütüldüğü alan ve genel özellikleri

Denemeye materyal teşkil eden toprak örneklerinin alındığı yer ve bu bölgeye ait iklim ve tarımsal yapısı aşağıda verilmiştir.

3.1.1.a. Toprak örneğinin alındığı yer

Bu araştırmada, Aşkale Çimento Fabrikası civarında bulunan, rüzgar yönü ile aynı istikamette kalan ve uzun yıllardır Çimento Fabrikası bacalarından salınan ağır metal kirliliğine maruz kalmış tarım alanlarının 0-20 cm derinliğinden alınan toprak örnekleri kullanılmıştır.

3.1.1.b. Deneme alanının toprak özellikleri

İklim özelliklerine bağlı olarak Karasu vadi tabanında vejetasyon formasyonu stepdir. Steplerin altında ise yaygın olarak kestane renkli toprak bulunur (Sever 2000).

3.1.1.c. Deneme alanının iklim özellikleri

Erzurum-Kars Bölümünün en batısında yer alan Aşkale, Erzurum şehrinin batısında olup, 52 km uzaklıktadır. Karasu ırmağı, Erzurum ovalarından (Daphan Ovası) çıktıktan sonra ilk vadi tabanını burada oluşturur. Karasal iklimin hakim olduğu yörede yıllık

ortalama sıcaklık 6.9°C dir. Donlu gün sayısı 155 gün kadardır. Yıllık ortalama yağış miktarı 393.3 mm dir. Bu yağışların %39.7'si ilkbahar aylarında düşmektedir (Sever 2000).

3.1.1.d. Deneme alanının tarımsal yapısı

İlçede toplam alanı 1 472 650 dekar olan arazinin, kültür arazisi olan 198 793 de arazinin 149 095 de'lık bölümünde kuru tarım, 49 698 de'lık bölümünde sulu tarım yapılmakta, 41 218 de arazi de nadasa bırakılmaktadır. İklim şartlarının uygun olmaması nedeniyle sebze ve meyvecilik ancak aile işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki en büyük yatırımlardan biri olan Kuzgun Sulama Barajı, tarımda İlçenin birinci sınıf arazisini bulunduran "Daphan Ovası"nı ve İlçeye bağlı Gökçebük, Çayköy, Tazegül, Karabıyık ve Küçükgeçit köylerinin tarım arazilerini de sulamaktadır (MEB 2013). Bölge topraklarında genel olarak buğday, arpa, mısır, lahana, şeker pancarı ve patates yetiştirilmektedir.

3.1.2. Saksı

Denemede, 20x18 cm ebatlarında polietilen kahverengi saksılar kullanılmıştır.

3.1.3. İnkübatör

Bakteri aşılantı ağır metal içerikli çözeltilerin, bakteri kültürlerinin inkübasyonu için 28°C'de sıcaklığı ayarlanabilen steril kabinler kullanılmıştır.

3.1.4. Ağır metal çözeltileri

İçerisinde Fe: 10 ppm, Cu: 5 ppm, Zn: 5 ppm, Mn: 20 ppm, Al: 10 ppm, Ni: 1 ppm, Cd: 0,05 ppm ve Pb: 20 ppm ppm ihtiva eden metal konsantrasyonları Nutrient Broth çözeltisinde hazırlanarak kullanılmıştır.

3.1.5. Bakteri kültürleri

Bu araştırmada daha önceden izole edilerek tanımlaması yapılmış kültür koleksiyonunda bulunan bakteri izolatları kullanılmıştır. Kullanılan bakterilerin listesi Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kültür koleksiyonundan elde edilen bakterilerin listesi.

No	Bakteri Adı	Bakteri Kodları
1	<i>Staphylococcus cohnii</i>	44
2	<i>Sphingobium yanoikuyae</i>	73
3	<i>Vibrio hollisae</i>	105
4	<i>Xanthobacter flavus</i>	132
5	<i>Staphylococcus hominis</i>	143
6	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	157
7	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	165
8	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	180
9	<i>Micrococcus luteus</i>	190
10	<i>Arthrobacter aureus</i>	192
11	<i>Rhodococcus erythropolis</i>	204
12	<i>Arthrobacter globiformis</i>	209
13	<i>Bacillus megaterium</i>	298

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması

Denemede kullanılan toprak örnekleri laboratuvara getirilip havada kurutulduktan sonra 2 mm’lik elekten geçirilmiştir. Plastik kaplarda muhafaza edilen toprak örnekleri üzerinde kimyasal, fiziksel ve biyolojik analizler yapılmıştır. Saksı denemesinde ise 4 mm’lik elekten geçirilmiş toprak örnekleri kullanılarak deneme kurulmuştur.

3.2.2. Toprak analiz yöntemleri

Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal analizleri aşağıdaki ana başlıklar altında ele alınmıştır.

3.2.2.a. Toprak reaksiyonu

Toprakların pH'ları 1:2.5'luk toprak-su oranında cam elektrotlu Beckman pH metresi ile ölçülmüştür (Handershot *et al.* 1993).

3.2.2.b. Kireç miktarı

Toprakların kireç içerikleri Scheibler Kalsimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Goh *et al.* 1993).

3.2.2.c. Organik madde

Toprakların organik maddeleri Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Tiessen and Moir 1993).

3.2.2.d. Katyon değişim kapasitesi (KDK)

Katyon değişim kapasiteleri, toprak örneklerinin sodyum asetatla (1 N, pH=8.2) sodyum adsorbsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1 N, pH=7.0) ekstrakstrakte edilen solüsyonlarında atomik absorbsiyon spektrofotometresinde sodyum okuması yapılarak saptanmıştır (Rhoades 1982).

3.2.2.e. Değişebilir K ve Na

Toprakların değişebilir K ve Na katyonları, amonyum asetatla (1 N, pH=7.0) çalkalanıp

ekstrakte edildikten sonra alev fotometresinde okunarak belirlenmiştir (Knudsen *et al.* 1982).

3.2.2.f. Değişebilir Ca + Mg

Toprakların değişebilir Ca+Mg katyonları EDTA (Etilendiamin tetraasetikası) yöntemiyle titrasyonla tespit edilmiştir (Lanyon and Heald 1982).

3.2.2.g. Elverişli fosfor

Toprakların fosfor içerikleri molibdofosforik mavi renk yöntemine göre spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir (Olsen and Sommers 1982).

3.2.2.h. Toplam azot

Toprak örneklerinin azot içeriği, Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Mc Gill and Figueiredo 1993).

3.2.2.i. Elektrik iletkenlik

Toprakların elektriki iletkenlikleri hazırlanan saturasyon macunlarından elde edilen ekstraksiyon çözeltilerinde elektriki kondüktivite aleti ile mmhos/cm olarak belirlenmiştir (Demiralay 1993).

3.2.2.j. Toprak tekstürü

Deneme toprağının kum, silt ve kil içerikleri, Bouyoucos Hidrometre yöntemiyle, tekstür sınıfı ise tekstür üçgeninde belirlenmiştir (Gee and Bauder 1986).

3.2.2.k. Mikro element ve ağır metal analizleri

Toprakların ağır metal içerikleri DTPA (dietilentriamin pentaasetikasit) yöntemine göre ekstrakte edilen süzüklerde (Sağlam 1994; Aydın ve Sezen 1995) ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) direk olarak okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005).

3.2.2.l. Metal çözeltilerinin hazırlanması

Çizelge 3.1.'deki bakterilerin ağır metal çözeltisi içerisindeki absorpsiyon oranlarını bulabilmek için 9 adet ağır metal ihtiva eden metal çözeltisi hazırlanmıştır.

3.2.2.m. NB içerisinde ağır metal çözeltilerinin hazırlanması

Denemenin I. aşamasında kullanılmak üzere Çizelge 3.2'de Sulama Sularında Ağır Metallerin İzin Verilebilir Değerleri (Anonim, 1994) göz önüne alınarak 2 l'lik Nutrient Broth'lu çözelti içerisinde ağır metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Ni, Cd ve Pb) içerikli çözeltiler hazırlanmıştır.

Çizelge 3.2. Sulama Sularında Ağır Metallerin İzin Verilebilir Değerleri (Anonim 1994).

Parametre, mg/L	Sürekli Kullanım	Kısa Süreli Kullanım
Demir(Fe), Alüminyum (Al)	1.00	10
Bakır (Cu), Çinko (Zn)	0.20	5
Berilyum (Be), Nikel (Ni)	0.50	1
Kadmiyum (Cd), Molibden (Mo)	0.005	0.05
Krom (Cr), Kurşun (Pb)	5.00	20
Mangan (Mn)	2.00	20
Selanyum (Se)	0.05	0.05
Vanadyum (Va)	10.0	10
Çinko (Zn), Lityum (Li)	5.00	5

* Sürekli kullanım: Arazi denemeleri

*Kısa Süreli Kullanım: Saksı denemeleri

Çizelge 3.2'ye göre dokuz farklı ağır metal ihtiva eden Nutrient Broth çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan ağır metal çözeltilerinin ihtiva ettikleri ağır metal içerikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Sulama sularında ağır metallerin izin verilebilir değerleri tablosunun kısa süreli kullanım miktarları göz önüne alınarak hazırlanan ağır metal çizelgesi

Ağır Metal	Kullanılan miktar, ppm
Demir (Fe)	10
Bakır (Cu),	5
Çinko (Zn),	5
Mangan (Mn)	20
Alüminyum (Al)	10
Nikel (Ni)	1
Kadmiyum (Cd),	0,05
Kurşun (Pb)	20

3.2.2.n. Metal Absorbsiyon Kapasitesinin Belirlenmesi

Analiz sonucunda elde edilen değerler toprak başlangıç analizinin ağır metal içerikleri ile karşılaştırılarak her bir bakterinin absorpsiyon kapasitesi % olarak belirlenmiştir.

3.2.3. Biyolojik yöntemler

3.2.3.a. Bakteri çözeltilerinin hazırlanması

Aşılama materyali olarak elimizde bulunan bakteri türlerinden, Nutrient Agar besi ortamında geliştirilen 48 saatlik saf bakteri kültürleri hazırlanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Nutrient Agar besi ortamında geliştirilen bakteri kültürleri

Nutrient agar besiyerinde geliştirilen bakterilerin NB ortamında çoğaltılması gerçekleştirilmiştir. NB besiyerinde (Şekil 3.2) bakteri konsantrasyonlarının mililitresinde yaklaşık $1,0 \times 10^8$ cfu bakteri sayısına eşit olması için türbüdometrede absorbans değeri 0,6 değeri baz alınarak çözeltiler hazırlanmıştır. Bu değer üzerindeki bakteri solüsyonlarını 10^8 cfu bakteri sayısına eşitlemek olmaları için NB ile sulandırma yoluna gidilmiştir (Somasegaran and Hoben 1985; Saygılı 1995).



Şekil 3.2. Nutrient Broth içerisindeki ağır metal çözeltisi

3.2.3.b. Toprak materyalindeki bakteri ve mantar sayısının tespiti

Toprak materyalindeki bakteri ve mantar sayımı dilüsyon metoduna göre yapılmıştır. Bakteri sayımı yapılacak 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} dilüsyon örnekleri üzerine steril Nutrient Agar (NA) besiyeri, mantar sayımı yapılacak örneklere ise steril Potato Dextrose Agar (PDA) besiyeri ilave edilecektir. İnkübatörde 28°C 'de 3-5 gün bekletildikten sonra besiyeri üzerinde gelişen bakteri ve mantarların petri kutularının arkasından koloni sayımı yapılarak topraktaki mevcut toplam bakteri ve fungus sayısı belirlenmiştir (Germida 1993; Kızıloğlu ve Bilen 1997).

3.2.3.c. Toprakların CO_2 miktarının tespiti

Toprak verimliliğinin göstergesi olan toprak solunumunun ölçülmesi toprak örneğinden açığa çıkan CO_2 gazının NaOH içerisinde biriktirilmesi, NaHCO_3 'ün oluşturulması ve BaCl ilavesinden sonra BaCO_3 'ün çökmesi sonucu H_2SO_4 ve CO_2 ile doymayan NaOH miktarının titrasyonla belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Elde edilen sonuç ekivalan değer ve asidin normalitesi ile çarpılıp mg olarak toprağın C ve CO_2 miktarı belirlenmiştir (Anderson 1982).

3.2.4. Deneme planı

Deneme 2 aşamada gerçekleştirilecektir.

I. Aşamada;

Nutrient Broth ortamında bakterilerin ağır metal absorpsiyon kapasitesinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bunun için denemenin bu aşamasında 1 adet Ağır Metal Çözeltisi (Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Ni, Cd ve Pb ihtiva eden) x 13 adet Ağır Metal Bakteri İzolatı (Çizelge 3.1) x 3 Tekerrür olmak üzere toplam 39 adet bakteri aşılı ağır metal çözeltisindeki ağır metal miktarları analiz edilerek bakterilerin absorpsiyon kapasitesi belirlenmiş ve bu absorpsiyon kapasitesi belirlenmiş bakteri türleri içerisinde 5 tanesi denemenin II. aşamasında kullanılmıştır.

II. Aşamada;

NB sıvı ortamında absorpsiyon kapasitesi belirlenen bakterilerin içerisinde seçilmiş 5 bakteri türü topraklara uygulanmış ve topraktaki ağır metal konsantrasyonu azaltılmıştır. Denemenin II. Aşamasında;

1 adet Toprak x 5 adet Ağır Metal Bakteri İzolatı x 3 Tekerrür x 6 Haftalık İnkübasyon olmak üzere toplam 90 adet saksı içerisindeki toprakta ağır metal analizi yapılmıştır.

3.2.5. İstatistiksel analiz yöntemleri

Denemeden elde edilen analiz sonuçları, Statistika programı kullanılarak ortalamalar arasındaki farklar belirlenmiştir (Yıldız ve Bircan 1991).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Deneme alanının bazı fiziksel, biyolojik ve kimyasal özelliklerini ortaya koymak amacı ile deneme alanını temsil edecek şekilde 0-20 cm derinliğinden alınan toprak örnekleri üzerinde rutin toprak analizleri yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel, biyolojik ve kimyasal özellikleri

Özellik		Değer
pH (1:2.5)		7,84
Organik madde (%)		2,93
Kireç, CaCO ₃ , (%)		3,99
EC x 10 ³ mmhos/cm		0,519
Toplam N (%)		0,006
Elverişli P (P ₂ O ₅ kg da)		2,10
K.D.K. (me 100 g ⁻¹)		42,30
Değişebilir Katyonlar (me 100 g ⁻¹)	Ca	16,96
	Mg	10,4
	K	9,65
	Na	0,71
Mikro elementler(ppm)	Fe	4,16
	Cu	1,00
	Zn	0,40
	Mn	5,81
Tane büyüklük dağılımı	Kum, %	25
	Silt, %	26
	Kil, %	49
Tekstür Sınıfı		Kil
Total bakteri sayısı, cfu/ml		4,5x10 ⁷
Total mantar sayısı, cfu/ml		4,2x10 ⁵
Toprak CO ₂ miktarı, mg CO ₂ m ⁻² h ⁻¹		20,90

Deneme alanı toprakları killi-tınlı bünyeli, kireç bakımından kireçli ve hafif alkali karakterdedir. Yarayışlı potasyum bakımından zengin olan deneme alanı organik madde ve yarayışlı fosfor bakımından yetersiz durumdadır. Tuzluluk probleminin olmadığı deneme alanı, demir, çinko, mangan ve bakır gibi mikro elementler bakımından yeterli durumdadır (Çizelge 4.1).

4.2. Nutrient broth çözeltisinin ağır metal içerikleri

Nutrient Broth besi ortamında bakterilerin ağır metal absorbsiyon kapasitelerini belirlemeden önce NB çözeltisinin ağır metal içerik analizi yapılmıştır.

Piyasadan temin edilen NB besi ortamı, 25 g/Lt olacak şekilde saf suda hazırlanmış ve 121°C’de 20 dk. steril edilmiştir. Sterilizasyon sonrası NB içerisinde bulunan ağır metal konsantrasyonu ICP cihazında analiz edilmiştir. Analiz sonrası NB besi ortamının ağır metal içerikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. NB besiyerinin ağır metal içerikleri

Element	NB Ağır Metal İçeriği, ppm
Fe	8,86
Cu	4,89
Mn	13,23
Zn	2,04
Ni	2,11
Cd	0,05
Pb	20,94
Al	12,49

4.3. Nutrient Broth Çözeltisine Ağır Metal İlavesi

Yukarıda belirtilen talimatlara göre hazırlanan steril NB besi ortamı üzerine 8 adet ağır metal ihtiva eden çözeltinin ilavesi sonrasında aşağıda tabloda belirtilen konsantrasyonlarda Nutrient Broth çözeltisi hazırlanmıştır. Bu işlem sonrasında elde

edilen çözeltilde NB içerisinde bulunan ağır metal miktarı + İlave edilen Ağır metal Miktarı hesabından toplam ağır metal içerikleri bulunmuştur.

NB besi ortamının ağır metal içerikleri ve ilave edilen ağır metal içerikleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. NB besi ortamının ağır metal içerikleri ve ilave edilen ağır metal miktarları.

Ağır Metal	Nutrient Broth Ağır Metal İçeriği, ppm	Nutrient Broth Besiyerine İlave Edilen Ağır Metal Miktarı, ppm	Toplam Ağır Metal
Fe	8,86	10	18,86
Cu	4,89	5	9,89
Mn	13,23	20	33,23
Zn	2,04	5	7,04
Ni	2,11	1	3,11
Cd	0,05	0,05	0,10
Pb	20,94	20	40,94
Al	12,49	10	22,49

4.4. Nutrient Broth Çözeltilisine Bakteri İlavesinin Etkileri

İçeriğinde ağır metal ihtiva eden NB besiyerine 13 adet bakteri izolatu ayrı ayrı ilave edilmiştir. İki saatlik inkübasyondan sonra filtre edilen ve bakterilerden izole edilen NB çözeltilisindeki ağır metal miktarları ve % değişim oranları Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4 NB Besiyerine ilave edilen 13 adet ağır metal bakterisinin inkübasyonu sonrası elde edilen ağır metal içerikleri (ppm) ve absorbsiyon oranları

	Fe	Cu	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb	Al	Ort
NB çözeltisi,	18,865	9,897	33,233	7,046	3,112	0,107	40,950	22,495	
İzolat 44 + NB çözeltisi	2,839	3,454	6,980	1,113	1,951	0,041	1,613	1,335	
A.O. %	84,951	65,098	78,997	84,206	37,304	61,776	96,062	94,063	75,307
İzolat 73+ NB çözeltisi	2,941	3,778	6,693	0,949	1,755	0,039	1,778	1,309	
A.O. %	84,409	61,833	79,862	86,536	43,601	63,975	95,658	94,181	76,256
İzolat 105 + NB çözeltisi	2,466	2,972	8,688	0,995	1,724	0,035	0,839	2,020	
A.O. %	86,926	69,973	73,858	85,881	44,609	67,503	97,951	91,021	77,215
İzolat 132 + NB çözeltisi	3,475	2,239	9,366	1,497	1,881	0,033	3,017	2,043	
A.O. %	81,577	77,379	71,817	78,752	39,550	69,225	92,633	90,916	75,231
İzolat 143 + NB çözeltisi	3,474	3,335	8,917	1,751	1,941	0,049	3,498	1,600	
A.O. %	81,583	66,304	73,170	75,157	37,629	54,132	91,458	92,886	71,539
İzolat 157 + NB çözeltisi	3,037	3,198	7,513	1,229	1,960	0,036	2,234	1,370	
A.O. %	83,899	67,690	74,394	79,553	37,011	66,212	90,545	90,910	73,776
İzolat 165 + NB çözeltisi	7,489	4,074	12,322	2,383	2,143	0,056	16,334	10,949	
A.O. %	60,303	58,834	62,924	66,183	31,144	47,816	60,112	51,328	54,830
İzolat 180 + NB çözeltisi	2,382	2,130	6,842	0,935	1,724	0,027	1,768	1,800	
A.O. %	87,372	78,483	79,411	86,733	44,597	74,951	95,682	91,998	79,903
İzolat 190 + NB çözeltisi	4,053	3,150	9,615	1,789	1,947	0,054	4,371	1,923	
A.O. %	78,517	68,174	71,068	74,618	37,446	49,958	89,325	91,451	70,069
İzolat 192 + NB çözeltisi	3,689	2,794	9,303	1,669	1,917	0,046	3,678	1,760	
A.O. %	80,445	71,766	72,007	76,318	38,397	56,667	91,019	92,177	72,349
İzolat 204 + NB çözeltisi	3,421	3,722	7,287	1,395	1,877	0,044	2,992	0,879	
A.O. %	81,864	62,396	78,072	80,207	39,679	58,520	92,694	96,092	73,690
İzolat 209 + NB çözeltisi	3,646	2,792	9,067	1,678	1,861	0,049	3,960	1,809	
A.O. %	80,673	71,790	72,717	76,189	40,203	53,785	90,330	91,959	72,205
İzolat 298 + NB çözeltisi	3,569	2,300	9,031	1,646	1,844	0,042	3,788	2,014	
A.O. %	81,081	76,758	72,827	76,640	40,744	60,682	90,751	91,046	73,816

Çizelge 4.4'den görüldüğü üzere 13 bakteri izolatu içerisinde ağır metal absorpsiyon oranlarının ortalaması baz alınarak yapılan sıralamaya göre en yüksek ortalama absorpsiyon kapasitesi 44, 73, 105, 132 ve 180 No'lu bakterilerde gözlemlenmiştir.

4.5. Bakterilerin Toprakta Metal Absorpsiyon Kapasiteleri Üzerine Etkileri

Bu aşamada, ağır metal ihtiva eden NB besiyerinden elde edilen veriye dayanarak, 5 adet en yüksek metal absorpsiyon kapasitesine sahip 44, 73, 105, 132 ve 180 No'lu bakteriler denemenin II. Aşaması için topraklara uygulanmıştır. NA besiyerinde geliştirilen bakteriler toprakların tarla kapasitesindeki nem miktarları kadar su ihtiva eden NB çözeltilisine aktarılmış ve inkübasyon sonucu 10^7 cfu konsantrasyonuna getirilmişlerdir. Daha sonra bakteri ihtiva eden NB çözeltisi filtre edilerek bakteriler ayrı ayrı izole edilmiş ve filtrasyon sonrası geriye kalan bakteriler tarla kapasitesindeki su miktarı kadar steril saf su içerisine aktarılmıştır.

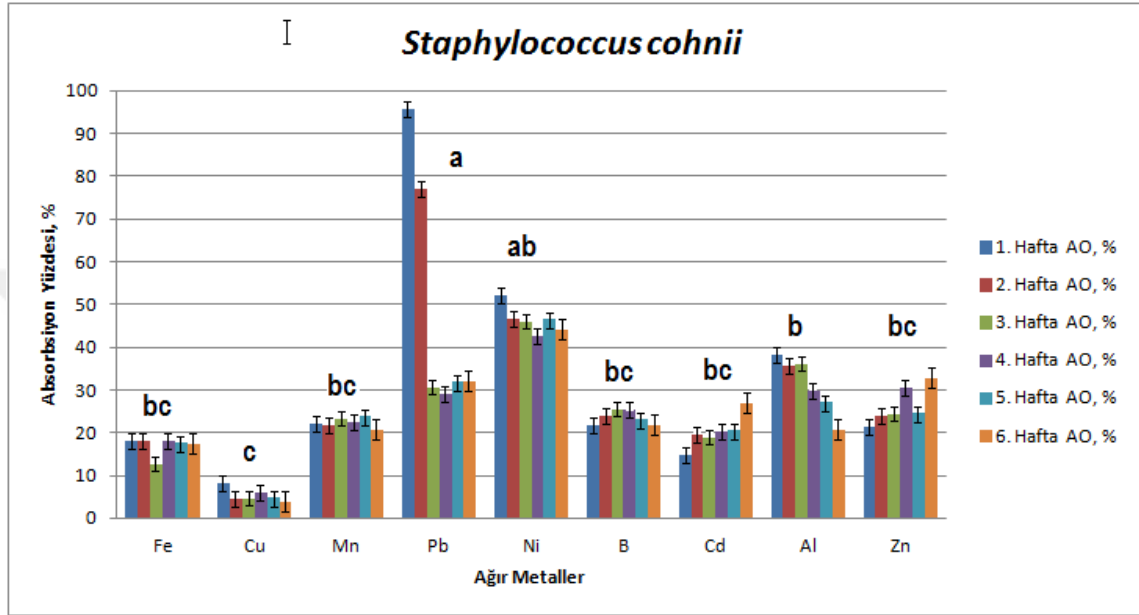
Elde edilen solüsyonun topraklara ilavesinin yapıldığı andan itibaren 7, 14, 21, 28, 35 ve 42 gün süre ile inkübasyona tabi tutulan topraklardaki ağır metal içerikleri 1'er haftalık inkübasyon sonrasında analiz edilmiştir. Ağır metal bakterisi ihtiva etmeyen kontrol toprak denemesi de kurulmuş ve sonuçlar kontrol toprağına göre değerlendirilmiştir.

4.5.1. *Staphylococcus cohnii* bakterisinin toprak ağır metal içeriğine etkisi

Staphylococcus cohnii (Bakteri 44) bakterisinin topraklara uygulanmasını takiben 6 haftalık inkübasyona bırakılan toprakların ağır metal miktarlarına bağlı % değişim oranları ve ortalama değerler arasındaki farkları gösteren varyans analiz sonuçları Şekil 4.1'de verilmiştir.

Şekil 4.1'den görüldüğü gibi, *Staphylococcus cohnii*'nin topraklara uygulaması sonucu toprakların ağır metal içeriklerinde her metal için farklı absorpsiyon oranları gözlenmiştir ($p < 0.01$). Inkübasyon sürelerinin artışına bağlı olarak *Staphylococcus*

cohnii bakterisinin ağır metal absorpsiyon oranları farklı oranlarda gerçekleşmiştir. Sırası ile bu ağır bakterisinin toprakta ağır metal absorpsiyon oranları büyükten küçüğe doğru Pb, Ni, Al, Zn, Mn, Cd, Fe ve Cu sıralaması şeklinde olmuştur.



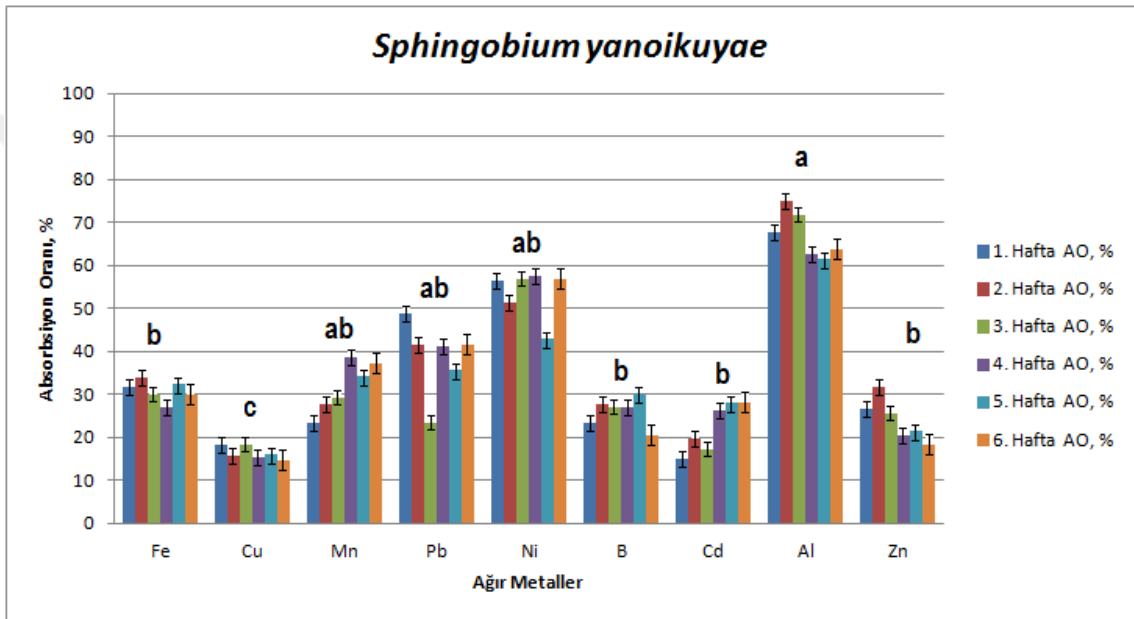
Şekil 4.1. *S. cohnii* (44 No'lu) izolatının toprakta ağır metal absorpsiyon kapasitesine bağlı % değişim oranları.

Ağır metaller içerisinde en yüksek oranda ortalama ağır metal absorpsiyonu Pb elementinde gözlenirken (% 49,37), en düşük ağır metal absorpsiyonu Cu elementinde (% 5,30) gözlenmiştir (Şekil 4.1).

Bu sonuçlara göre Bakteri 44 Pb elementini yüksek derecede absorbe etmiştir. Özellikle Pb açısından kirlenmiş toprakların ıslahında kullanılabilecek bir sonucu vermiştir. Bu konuda yapılan araştırmalarda da Bakteri 44'ün ağır metal absorpsiyon kapasitesinin yüksek olduğunu ve ağır metal iyonları ile polirezistant straini olarak görev yaptıklarını ifade eden çalışmalar bizim bulduğumuz sonuçları desteklemektedir (Laukova 1994; Singanam 2011; Bai and Bartkiewicz 2009).

4.5.2. *Sphingobium yanoikuyae* bakterisinin toprak ağır metal içeriğine etkisi

Sphingobium yanoikuyae (Bakteri 73) bakterisinin topraklara uygulanmasını takiben 6 haftalık inkübasyona bırakılan toprakların ağır metal miktarlarına bağlı % değişim oranları ve ortalama değerler arasındaki farkları gösteren varyans analiz sonuçları Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. *S. yanoikuyae* (73 No'lu) izolatının toprakta ağır metal absorbsiyon kapasitesine bağlı % değişim oranları.

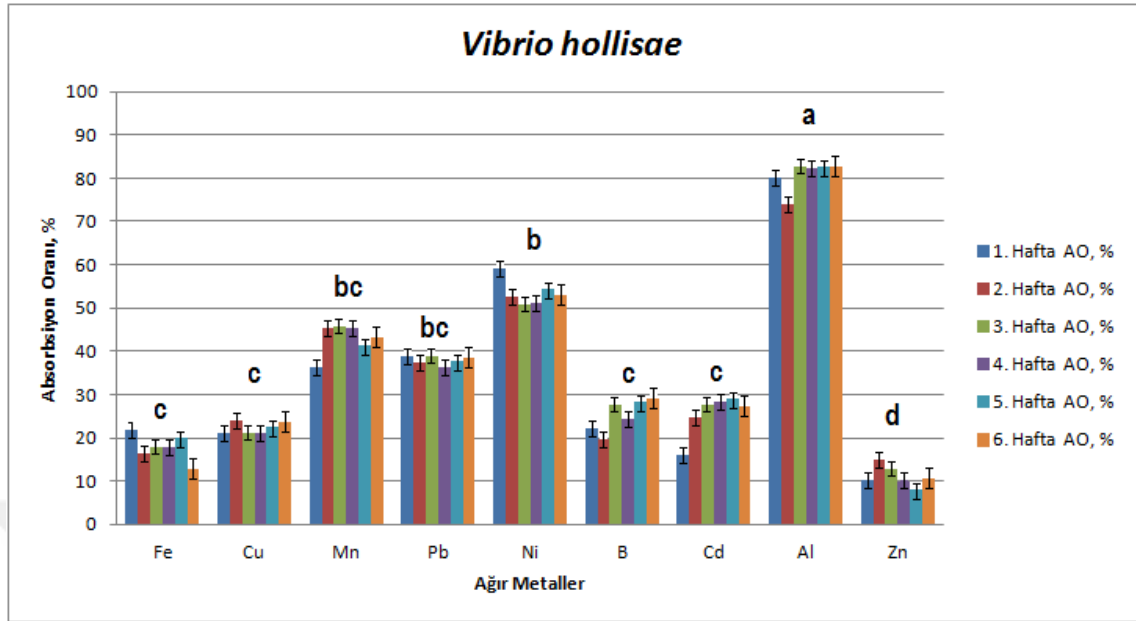
Şekil 4.2'den görüldüğü gibi, *Sphingobium yanoikuyae* bakterisinin topraklara uygulanması sonucu toprakların ağır metal içeriklerinde her metal için farklı absorbsiyon oranları gözlenmiştir ($p < 0.01$). Inkübasyon sürelerinin artışına bağlı olarak *Sphingobium yanoikuyae* bakterisinin ağır metal absorbsiyon oranları farklı oranlarda gerçekleşmiştir. Sırası ile ağır metal absorbsiyon oranları büyükten küçüğe doğru Al, Ni, Pb, Mn, Fe, Zn, Cd, ve Cu sıralaması şeklinde olmuştur.

Ağır metaller içerisinde en yüksek oranda ortalama ağır metal absorpsiyonu Al elementinde gözlenirken (% 67.07), en düşük ağır metal absorpsiyonu Cu elementinde (% 16.43) gözlenmiştir (Şekil 4.2).

Bu sonuçlara göre Bakteri 73, Al elementini yüksek derecede absorbe etmiştir. Özellikle Al açısından kirlenmiş toprakların ıslahında kullanılabilecek bir sonucu vermiştir. Bu konuda yapılan araştırmalarda *Sphingobium sp* bakterisinin pH 7 değerinde Cu, Zn ve Cd ihtiva eden sıvı faz içerisinde 20 saatlik inkübasyon sonrasında Cu elementinin bakteri üzerinde toksik etkiye bulunduğunu ancak, Zn ve Cd iyonlarına karşı bakterinin toleransının daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Araştırmacılar ağır metal ve PAH (poliakrilamid hidrokarbon) içerikli topraklarda mikrobiyal remediasyon materyali olarak *Sphingobium sp* bakterisinin kullanılabileceğini ifade etmişlerdir (Wang *et al.* 2013; Cunliffe and Kertesz, 2006; Daugulis and Janikowski 2002). Mevcut çalışma sonuçları bizim sonuçlarımızla ile benzerlik göstermektedir.

4.5.3. *Vibrio hollisae* bakterisinin toprak ağır metal içeriğine etkisi

Vibrio hollisae (Bakteri 105) bakterisinin topraklara uygulanmasını takiben 6 haftalık inkübasyona bırakılan toprakların ağır metal miktarlarına bağlı % değişim oranları ve ortalama değerler arasındaki farkları gösteren varyans analiz sonuçları Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. *V. hollisae* (105 No'lu) izolatının toprakta ağır metal absorpsiyon kapasitesine bağlı % değişim oranları.

Şekil 4.3'den görüldüğü gibi, *Vibrio hollisae* bakterisinin topraklara uygulanması sonucu toprakların ağır metal içeriklerinde her metal için farklı absorpsiyon oranları gözlenmiştir ($p < 0.01$). İnkübasyon sürelerinin artışına bağlı olarak *Vibrio hollisae* bakterisinin ağır metal absorpsiyon oranları farklı oranlarda gerçekleşmiştir. Sırası ile ağır metal absorpsiyon oranları büyükten küçüğe doğru Al, Ni, Mn, Pb, Cd, Cu, Fe ve Zn, ve sıralaması şeklinde olmuştur.

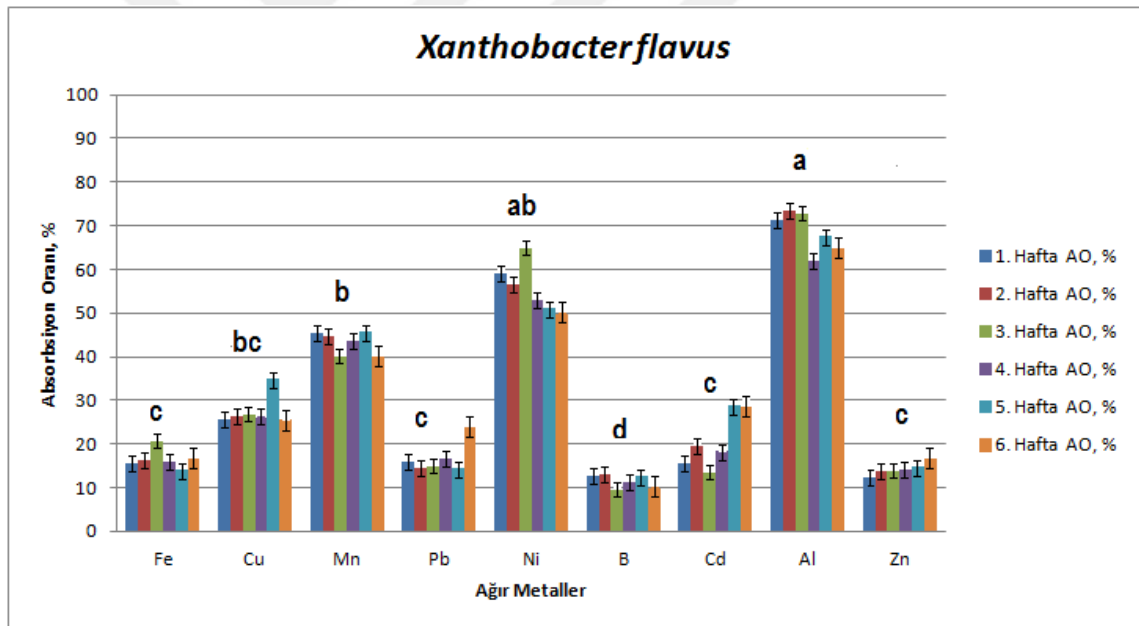
Ağır metaller içerisinde en yüksek oranda ortalama ağır metal absorpsiyonu Al elementinde gözlenirken (% 80,77), en düşük ağır metal absorpsiyonu Zn elementinde (% 11,06) gözlenmiştir (Şekil 4.3).

Bu sonuçlara göre Bakteri 105, Al elementini yüksek derecede absorbe etmiştir. Özellikle Al açısından kirlenmiş toprakların ıslahında kullanılabilecek bir sonucu vermiştir. Bu konuda yapılan araştırmalarda Cd, Cu, Pb ve Zn ağır metalleri ile kontamine olmuş su, toprak ve sedimentlerde *Vibrio alginolyticus* bakterisinin ortamdaki Cd metalinin %20, %31 Cu, %40 Pb ve %45 Zn ağır metallerinin miktarında azalma meydana getirdiği ortaya çıkmıştır. Bu sebeple bu bakterinin ağır metallerle

kirlenmiş su, toprak ve sedimentlerde bioakümülatör olarak kullanılabileceğin ifade etmektedirler (Roane 1999; Ansari and Malik 2007; Smith and Collins, 2007; El-Hendawy *et al.* 2009).

4.5.4. *Xanthobacter flavus* bakterisinin toprak ağır metal içeriğine etkisi

Xanthobacter flavus (Bakteri 132) bakterisinin topraklara uygulanmasını takiben 6 haftalık inkübasyona bırakılan toprakların ağır metal miktarlarına bağlı % değişim oranları ve ortalama değerler arasındaki farkları gösteren varyans analiz sonuçları oranları Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4. *X. flavus* (Bakteri 132) izolatının toprakta ağır metal absorpsiyon kapasitesine bağlı % değişim oranları.

Şekil 4.4'den görüldüğü gibi, Bakteri 132'nin topraklara uygulanması sonucu toprakların ağır metal içeriklerinde her metal için farklı absorpsiyon oranları gözlenmiştir ($p < 0.01$). İnkübasyon sürelerinin artışına bağlı olarak *Xanthobacter flavus* bakterisinin ağır metal absorpsiyon oranları farklı oranlarda gerçekleşmiştir. Sırası ile

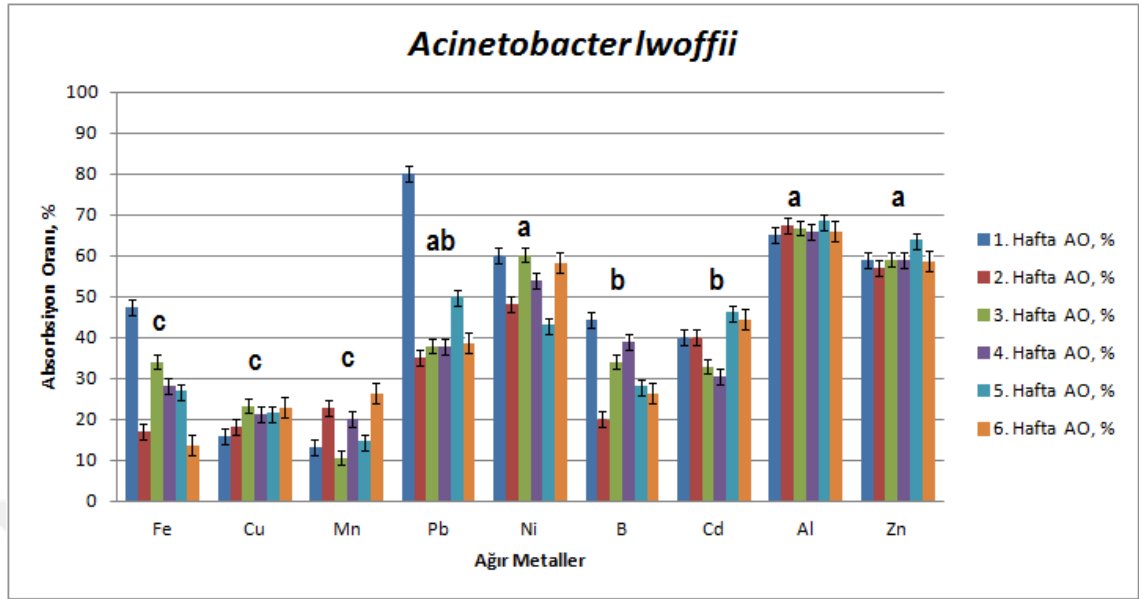
ağır metal absorpsiyon oranları büyükten küçüğe doğru Al, Ni, Mn, Cu, Cd, Pb, Fe ve Zn sıralaması şeklinde olmuştur.

Ağır metaller içerisinde en yüksek oranda ortalama ağır metal absorpsiyonu Al elementinde gözlenirken (% 68,60), en düşük ağır metal absorpsiyonu Zn elementinde (% 14,10) gözlenmiştir (Şekil 4.4).

Bu sonuçlara göre *Xanthobacter flavus* bakterisi Al elementini yüksek derecede absorbe etmiştir. Özellikle Al açısından kirlenmiş toprakların ıslahında kullanılabilecek bir sonucu vermiştir. Bu konuda yapılan çalışmalarda da *Xanthobacter flavus* bakterisinin ağır metal absorpsiyon kapasitesinin mevcut olduğunu, pestisit ve herbisitlerde yaygın olarak bulunan hidrokarbonların parçalanmasında *Xanthobacter flavus* bakterisinin büyük rol oynadığını ve kimyasal kirleticiler, kumlu topraklar ve atıksular için mikrobiyal parçalayıcı olduğunu ihtiva eden çalışmalar bizim sonuçlarımız ile paralellik göstermektedir (Olaniran *et al.* 2001; Lee *et al.* 2002a; Lee *et al.* 2002b; Song *et al.* 2003).

4.5.5. *Acinetobacter lwoffii* bakterisinin toprak ağır metal içeriğine etkisi

Acinetobacter lwoffii (Bakteri 180) bakterisinin topraklara uygulanmasını takiben 6 haftalık inkübasyona bırakılan toprakların ağır metal miktarlarına bağlı % değişim oranları ve ortalama değerler arasındaki farkları gösteren varyans analiz sonuçları Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5. *Acinetobacter lwoffii* (Bakteri 180) izolatının toprakta ağır metal absorpsiyon kapasitesine bağlı % değişim oranları

Şekil 4.5’den görüldüğü gibi, *Acinetobacter lwoffii* bakterisinin topraklara uygulaması sonucu toprakların ağır metal içeriklerinde her metal için farklı absorpsiyon oranları gözlenmiştir ($p < 0.01$). İnkübasyon sürelerinin artışına bağlı olarak *Acinetobacter lwoffii* bakterisinin ağır metal absorpsiyon oranları farklı oranlarda gerçekleşmiştir. Sırası ile ağır metal absorpsiyon oranları büyükten küçüğe doğru Al, Zn, Ni, Pb, Cd, Fe, Cu ve Mn sıralaması şeklinde olmuştur.

Toprak ağır metalleri içerisinde en yüksek oranda ortalama ağır metal absorpsiyonu Al elementinde gözlenirken (%66,57), en düşük ağır metal absorpsiyonu Mn elementinde (%17,93) gözlenmiştir (Şekil 4.5).

Bu sonuçlara göre Bakteri 180, Al elementini yüksek derecede absorbe etmiştir. Özellikle Al ağır metali tarafından kirlenmiş toprakların ıslahında kullanılabilecek bir sonucu vermiştir. Bu konuda yapılan çalışmalarda da Bakteri 180’ün ağır metal absorpsiyon kapasitesinin mevcut olduğunu ve *Acinetobacter* bakterisinin toprakta, taze sularda, atık sularda ve katı atıklarda biodegradasyona ve organik ve inorganik zararlı atıklardaki ağır metallerin uzaklaştırılmasında önemli bir rolü olduğunu ifade eden

alışmalar bizim araştırma sonuçlarımızı desteklemektedir (Bossert and Bartha 1984; Boswell *et al.* 2001; Abdel-El-Haleem 2003).



5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan araştırma sonuçlarına göre; ağır metal (Al, Zn, Ni, Pb, Cd, Fe, Cu ve Mn) ihtiva eden NB besiyeri ve bu besiyeri üzerine ilave edilen 13 adet bakteri izolatının metaller üzerindeki absorbsiyon kapasiteleri farklı seviyelerde gözlemlenmiştir. Özellikle 5 adet metal absorblayıcı bakteri (44, 73, 105, 132 ve 180 No'lu izolatlar) en yüksek oranda metal absorbsiyonu yapmışlardır.

Absorbsiyon kapasitesi bakımından etkinliği en yüksek değer gösteren 5 adet bakteri (44, 73, 105, 162 ve 180 No'lu izolatlar) toprakta ağır metal kirliliğini azaltmak için topraklara ilave edilmişlerdir. Topraklara bakteri ilavesinden 7, 14, 21, 28, 35 ve 42 gün sonra bakterilerin absorbsiyon kapasiteleri karşılaştırıldığında;

İzolat 44'ün ağır metaller içerisinde sırası ile en yüksekten en düşüğe doğru Pb, Ni, Al, Zn, Mn, Cd, Fe ve Cu sıralaması şeklinde absorbsiyon gücüne sahip olduğu gözlenmiştir. Bu bakteri; en yüksek oranda Pb elementi (%49,37), en düşük oranda ise Cu elementi (%5,30) üzerine absorbsiyon kapasitesi göstermiştir.

İzolat 73'ün ağır metaller içerisinde sırası ile en yüksekten en düşüğe doğru Al, Ni, Pb, Mn, Fe, Zn, Cd ve Cu sıralaması şeklinde absorbsiyon gücüne sahip olduğu gözlenmiştir. Bu bakteri; en yüksek oranda Al elementi (%67,07), en düşük oranda ise Cu elementi (%16,43) üzerine absorbsiyon kapasitesi göstermiştir.

İzolat 105'in ağır metaller içerisinde sırası ile en yüksekten en düşüğe doğru Al, Ni, Mn, Pb, Cd, Cu, Fe ve Zn sıralaması şeklinde absorbsiyon gücüne sahip olduğu gözlenmiştir. Bu bakteri; en yüksek oranda Al elementi (%80,77), en düşük oranda ise Zn elementi (%11,06) üzerine absorbsiyon kapasitesi göstermiştir.

İzolat 132'in ağır metaller içerisinde sırası ile en yüksekten en düşüğe doğru Al, Ni, Mn, Cu, Cd, Pb, Fe ve Zn sıralaması şeklinde absorbsiyon gücüne sahip olduğu

gözlenmiştir. Bu bakteri; en yüksek oranda Al elementi (% 68,60), en düşük oranda ise Zn elementi (%14,10) üzerine absorpsiyon kapasitesi göstermiştir.

İzolat 180'in ağır metaller içerisinde sırası ile en yüksekten en düşüğe doğru Al, Zn, Ni, Pb, Cd, Fe, Cu ve Mn sıralaması şeklinde absorpsiyon gücüne sahip olduğu gözlenmiştir. Bu bakteri; en yüksek oranda Al elementi (%66,57), en düşük oranda ise Mn elementi (%17,93) üzerine absorpsiyon kapasitesi göstermiştir.

Öneriler

Yapılan araştırma sonucu araştırma konusu bakterilerin belirlenen ağır metal absorpsiyon derecelerine göre,

1- Bakteriler içerisinde 44, 73, 105, 132 ve 180 No'lu İzolatlar ağır metallerle (Al, Zn, Ni, Pb, Cd, Fe, Cu ve Mn) kirlenmiş toprakların veya sedimentlerin ağır metallerinin uzaklaştırılmasında önerilebilir.

2- Yoğun olarak Pb, Ni ve Al gibi ağır metallerle kirlenmiş toprakların ıslahında İzolat 44 ve 73'ün kullanımı önerilebilir.

3- Al, Ni ve Mn gibi ağır metallerle kirlenilmiş toprakların ıslahında İzolat 105 ve 132'in kullanımı önerilebilir.

4- Al, Zn ve Ni gibi ağır metallerle kirlenilmiş toprakların ıslahında İzolat 180'in kullanımı önerilebilir.

Toprakta bulunan risk oluşturacak seviyede bulunan ağır metallerin gideriminde, toprağın fiziksel, biyolojik ve kimyasal özelliklerine göre kullanılacak bakteri izolatları hem ekonomik hem de pratik sonuçlar verecektir.

KAYNAKLAR

- Abdel-El-Haleem, D., 2003. *Acinetobacter*: environmental and biotechnological applications. African Journal of Biotechnology Vol. 2 (4), pp. 71-74.
- Anderson, J.P.E., 1982.. Soil Respiration. Soil Sampling and Methods of Analysis. Chapter 2. Chemical and Microbiological Properties. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin USA. pp: 838-845.
- Anonim, 1994. DSİ Teknik Bülteni. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, No: 80, Ankara.
- Anonim, 2000. Introduction to Phytoremediation,. EPA/600/R-99/107
- Anonim, 2006. Kirleticiler-1, Ağır Metaller, Çevre için hekimler derneği, (www.cevrehekim.org).
- Ansari, M. I. and Malik, A., 2007. Biosorption of nickel and cadmium by metal resistant bacterial isolates from agricultural soil irrigated with industrial waste water> bioresource Technology. 98 (16): 3149-3153.
- Arhan, Y., 1986. About ECRA. Invironmental Management for Developing Countries, Preprints of the Third Symposium, İstanbul, Envitek. A.Ş. Ağustos 6 – 12, 1986.
- Aydın, A. ve Sezen, Y., 1995. Toprak kimyası laboratuvar kitabı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:174, Erzurum.
- Bai, Y. and Bartkiewicz, B., 2009. Removal of cadmium from wastewater using ion exchange resin amberjet 1200H columns. Pol. J. Environ. Stud. 18, 1191.
- Bossert, I. and Bartha, R., 1984. The fate of petroleum in the soil ecosystems,. In R. M. Atlas (ed.), Petroleum microbiology. Macmillan, New York, N.Y. pp. 435-473.
- Boswell, C.D, Dick, R.E, Eccles, H, Macaskie, L.E., 2001. Phosphate uptake and release by *Acinetobacter johnsonii* in continuous culture and coupling of phosphate release to heavy metal accumulation. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 26:333-340
- Bulut, Y., 2003 Çeşitli Bitkisel Atıklar Üzerinde Ağır Metal Adsorpsiyon Kinetiği ve Dengesinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır
- Chubar, N., Carvalho, J., Correia, M., 2004. Heavy metals biosorption on cork biomass: effect of the pre-treatment, Physicochem. Eng. Aspects 238:51-58,
- Cunliffe, M. and Kertesz, M.A., 2006. Effect of *Sphingobium yanoikuyae* B1 inoculation on bacterial community dynamics and polycyclic aromatic hydrocarbon degradation in aged and freshly PAH-contaminated soils. Environ Pollut 144(1):228–237.
- Daugulis, A.J. and Janikowski, T.B., 2002. Scale-up performance of a partitioning bioreactor for the degradation of polyaromatic hydrocarbons by *Sphingomonas aromaticivorans*. Biotechnol Lett 24:591–594
- Demiralay, İ., 1993. Toprak fiziksel analizleri, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yay. No:143, Erzurum.
- DİE, Devlet İstatistik Enstitüsü, 2003, 14 Mayıs.2001 Yılına Ait Belediye Katı Atık İstatistikleri Anketinin Geçici Sonuçları, Ankara.
- El-Hendawy, H.H., Dena, A., El-Shatoury, E.H., Ghanem, S.M., 2009. Bioaccumulation of heavy metals by *Vibrio alginolyticus* isolated from wastes of Iron and Steel Factory, Helwan, Egypt. Egypt. Acad. J. biolog. Sci., 1(1): 23-28.

- Freeze, R.A. and Cherry, J.A., 1997. Groundwater Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.
- Gee, G.W. and Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. Methods of soil analysis Part I. Physical and Mineralogical Methods, Second Edition. American Society of Agronomy, Soil Sci. Society of America-Madison, Wisconsin, USA, 383-409.
- Germida JJ (1993). Cultural methods for soil microorganisms. In: Martin RC, editor. Soil Sampling and Methods of Analysis. Boca Raton, FL, USA: Lewis Publishers, pp. 263-275.
- Goh, T. Boon., Arnaud, R.J.St., Mermut, A.R., 1993. Carbonates. Chapter 20, Soil sampling and methods of analysis. Edited by: Martin R. Carter. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, 177-185.
- Hussein, H., Ibrahim, S.F., Kandeel, K., Moawad, H., 2004. Biosorption of heavy metals from wastewater using *Pseudomonas* sp. *Electron J Biotechnol*, 7: 38-46.
- İlier, R. and Mavituna, F., 1991. Biosorption of copper from aqueous solutions by immobilised *Rhizopus arrhizus*. In: 1st International Symposium on Environmental Pollution, June, 1: 74-79, İzmir-Türkiye. 1991.
- Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., (2004), "Metallerin Çevresel Etkileri-I", *Metallurji Dergisi*, s. 47-53, 136 p.
- Karaca, A. ve Turgay, O.C., 2012. Toprak Kirliliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. 1(1):13-19.
- Kızıloğlu, F.T. ve Bilen, S., 1997. Toprak mikrobiyolojisi laboratuvar uygulamaları. Atatürk. Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları No:193, Atatürk Üni.Zir.Fak. Ofset Tes. Erzurum.
- Knudsen, D., Peterson, G.A., Pratt, P.F., 1982. Lithium, sodium and potassium. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America-Madison, Wisconsin, USA, 225-245.
- Lanyon, L.E. and Heald, W.R., 1982. Magnesium, calcium, strontium and barium. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America-Madison, Wisconsin, USA, 247-260.
- Laukova, A., 1994. Resistance to heavy metals in ruminal staphylococci. *Vet Med (Praha)*. 1994;39(7):389-95.
- Lee, S.Y., M.S. Song, K.M. You, B.H. Kim, S.H. Bang, I.S. Lee, C.K. Kim, Y.K. Park. 2002b. Monitoring 4-chlorobiphenyldegrading bacteria in soil microcosms by competitive quantitative PCR. *J. Microbiol.* 40, 274-281.
- Lee, W.S., Park, C.S., Kim, J.E., Yoon, B.D., Oh, H.M., 2002a. Characterization of TCE degrading bacteria and their application to wastewater treatment. *J. Microbiol. Biotechnol.* 12, 569- 575.
- Liu H, Chen B, Lana Y, Chenga Y. Biosorption of Zn(II) and Cu(II) by the indigenous *thiobacillus thiooxidans*. *Chem Engineering J*, 2004; 97: 195-201.
- Mc Gill, W.B. and Figueiredo, C.T., 1993. Total nitrogen. Chapter 22. Soil Sampling and Methods of Analysis. Edited by: Martin R. Carter. Canadian Society of Soil Sci. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, 201-211.
- MEB, 2013. Aşkale'nin tarihi. T.C. millî eğitim bakanlığı. Erzurum / Aşkale - Aşkale Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi. http://askalemtal.meb.k12.tr/tema/icerikler/askalenin-tarihi_288435.html

- Mertens, D., 2005. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA
- Olaniran, A.O., Babalola, G.O. Okoh, A.I., 2001. Aerobic dehalogenation potentials of four bacterial species isolated from soil and sewage sludge. *Chemosphere* 45, 45-50.
- Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. Methods of Soil Analysis Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. American Society of Agronomy. Soil Sci. Society of Amerika-Madison, Wisconsin, USA, 403-427.
- Özdemir Hİ. Genel Anorganik ve Teknik Kimya. İstanbul: Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 1981.
- Padmavathiamma PK, Loretta YL. Phytoremediation technology: Hyper-accumulation metals in plants. *Water Air Soil Pollut*, 2007; 184: 105-26.
- Rhoades, J.D., 1982. Cation exchange capacity. Methods of Soil Analysis Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Second Edition American Soci. Of Argon. Soil Science Society of Amerika-Madison, Wisconsin, USA, 149-157.
- Roane, T.M., 1999. Lead resistance in two bacterial isolates from heavy metalcontaminated soils. *Microb. Ecol.* 37:218-224.
- Sağlam, T., 1994. Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Trakya Üni. Tekirdağ Ziraat Fak. Yay., No:189.
- Saygılı, H., 1995. Fitobakteriyoloji, Ege Üni.Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Ders Kitabı, Doğruluk Matbaası, Bornova-İzmir.
- Sever, R., 2000. Aşkale Yöresinin Hidrografik Özellikleri ve Buna İlişkin Bazı Sorunlar. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 6 (1), 187-199.
- Smith, J.L. and Collins, H.P., 2007. Management of organisms and their processes in soils,. In *Soil Microbiology, ecology and biochem.*, ed by Eldor A.P.. Elsevier Inc., Burlington, USA pp.389-430.
- Somasegaran, P. and Ben Bohlool, B., 1990. Singke-strain versus multistrain inoculation. Effect of soil mineral nitrogen availability on rhizobial strain effectiveness and competition for nodulation on chickpea, soybean and dry bean. *Appl. Environ. Microbiol.* 56 (11), 3298-3303.
- Song, J.S., Lee, D.H., Lee K., Kim, C.K., 2003. Characteristics of Several Bacterial Isolates Capable of Degrading Chloroaliphatic Compounds via Hydrolytic Dechlorination. *The Journal of Microbiology*, December 2003, p.277-283.
- Tiessen, H. and Moir, J.O., 1993. Total organic carbon. Chapter 21. Soil Sampling and Methods of Analysis. Edited by: Martin R.Carter. Canadian Soc. of Soil Science. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida, 187-199.
- Tsezos ve Volesky, "Biosorption of Uranium and Thorium", *Biotech. And Bioeng* 23:583-604, 1981
- Türkoğlu B., 2006, Toprak kirlenmesi ve kirlenmiş toprakların ıslahı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Volesky B., 2003. Sorption and Biosorption. Montreal, Kanada: BV Sorbex, Inc, 316.
- Volesky B., 2004. Sorption and Biosorption. St. Lambert, Quebec: BV Sorbex, Inc, 103-28.
- Wang, C., Wang, F., Hong, Q., Zhang, Y., Kengara, F.O., Li, Z., Jiang, X., 2013. Isolation and characterization of a toxic metal-tolerant Phenanthrene-degrader

Sphingobium sp. in a two-liquid-phase partitioning bioreactor (TPPB).
Environmental Earth Sciences, Volume 70, Issue 4, pp 1765–1773.

Yıldız, N. ve Bircan, H., 1991. Araştırma ve deneme metotları, Atatürk Üniv. Yay.,
No:697, Zira. Fak. Yay. No:305, Ders Kitapları Serisi No:57, Erzurum..



ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Fatih/İstanbul’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini tamamladıktan sonra, 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü’nde lisans öğrenimine başladı. Aynı bölümden 2013 yılında Biyolog olarak mezun oldu. 2013 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Besleme ve Toprak Ana Bilim Dalı’nda 1 yıllık bilimsel hazırlık eğitiminden sonra aynı bölümde yüksek lisans eğitimine başladı.

