

GÖRGÜ (YEŞİLYURT) Pb – Zn MADENİ ÇEVRESİNDE YETİŞEN Pb-Zn-Cd AKÜMÜLATÖR BİTKİLER, MALATYA, TÜRKİYE

Pb – Zn - Cd ACCUMULATOR PLANTS GROWN AROUND THE GÖRGÜ Pb – Zn MINE, YEŞİLYURT-MALATYA, TURKEY

Güllü KIRAT^{a*}

^aBozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yozgat. orcid no: 0000-0002-1167-0574.

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:
Akümülatör, Belirtgen
bitki, Geçiş Faktörü,
Hiperakümülatör bitki,
Zenginleşme Katsayısı.

ÖZ

Görgü kurşun-çinko (Pb-Zn) cevherleşme alanında yetişen, *Astragalus pycnocephalus* Fischer ve *Verbascum euphraticum* L. bitkilerinin kök ve dallarında bulunan Cd, Pb ve Zn element konsantrasyonlarının belirlenmesi için bir çalışma yapılmıştır. Bu bitkilerden 30 adet ve üzerinde yetiştigi topraktan 30 adet olmak üzere toplam 60 adet örnek toplanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir, bitki-toprak arasındaki korelasyon katsayısı (r) grafiklerine göre, (*A. pycnocephalus*) toprak-kök (Cd, r=0.77), toprak-dal (Cd, r=0.86) ve toprak-dal (Pb, r=0.77) arasında pozitif korelasyon görülmesi, bu bitkilerin belirtgen bitkiler olabileceğini ve Cd ve Pb metallerince kirletilmiş toprakların iyileştirilmesinde de kullanılabileceği anlamına gelebilir. Bu çalışmada, kirlilikten etkilenmiş alanlardan alınan bitkilerin metal konsantrasyonları kirlilikten etkilenmemiş alanlardan alınan bitkilere göre mislilik anlamında kullandığımız “kat” değerleri toplam 44 örnekte oldukça yüksektir. Geçiş faktörü, bazı örnek lokasyonlarında 1’in üzerinde olup, 0.13 ile 2.07 aralığında değişmektedir. Zenginleşme katsayısı V11 nolu lokasyon dışında 1’den büyüktür. *A. pycnocephalus* ve *V. Euphraticum* bitkileri, bazı lokasyonlarda geçiş faktörüne (>1), zenginleşme katsayısına (>1), kat değerlerine (10-500) ve element konsantrasyon değerlerine (Cd>100 mg/kg, Pb>1000 mg/kg ve Zn>10000 mg/kg) göre, Cd, Pb ve Zn elementleri için akümülatör/hiperakümülatör olarak tanımlanabilir.

Geliş Tarihi: 18.05.2016
Kabul Tarihi: 04.08.2016

Keywords:
*Accumulator, Indicator
plant, Transition Factor,
Hyperaccumulator plant,
Enrichment Coefficients.*

ABSTRACT

A study was carried out to identify Cd, Pb and Zn concentrations which exist in the roots and stems of *Astragalus pycnocephalus* Fischer and *Verbascum euphraticum* L. plants which grow in the Görgü Pb-Zn mining area. A total of 60 samples were collected, 30 samples from plants and 30 samples from the soils where the plants grow. When the analytical results gained are statistically examined, according to correlation coefficients graphic between the soil and plant, finding positive correlation between (*A. Pycnocephalus*) soil-root (Cd, $r = 0.77$), soil-stem (Cd, $r = 0.86$) and soil-stem (Pb, $r = 0.77$) could mean that these could be indicator plants and can be used for remediation of the soils polluted by Cd and Pb metals. It is observed that the metallic concentration times values of the plants in this study taken from polluted areas compared to the plants taken from unpolluted areas, are quite high in total 44 samples. Transition factor is >1 in some sample locations and range between 0.13 and 2.07. Enrichment coefficients is >1 for the location of VII (Cd, root/soil). *A. Pycnocephalus* and *V. Euphraticum*, in some locations, according to transition factor, enrichment coefficients, times values and element concentrations could be identified as accumulator/hyperaccumulator for Cd, Pb and Zn elements.

1. Giriş

Çevrenin ağır metallerce kirlenmesinde madencilik faaliyetleri, önemli bir yer tutmaktadır (Navarro vd., 2008; Zhuang, 2009). Bu işlemlerin yanında,

endüstriyel emisyon, gübre ve böcek ilacı kullanımı da çevrede ağır metallerin miktarını artırmaktadır (Alloway, 1994; Yoon vd., 2006). Maden sahası ve çevresinde yer alan tarım topraklarında ağır metallerin çok fazla birikmesi gıda ürünlerinde ağır metal

*Başvurulacak yazar: Güllü KIRAT, gullu.kirat@bozok.edu.tr / gul.kirat@hotmail.com
http://dx.doi.org/10.19076/mta.302981

Bunlar şistlerle arakatlı olarak bulunurlar. Malatya Metamorfik kayaçları andezitik volkanik kayaçlarla kesilen volkano-sedimanter birim tarafından üzerlenir. Çalışma alanında yer alan volkanitler işletme yakınında dar bir alanda yüzlek vermektedir (Sağıroğlu, 1988). İnceleme alanındaki üçüncü birim alüvyonlar ve toprak örtüsünden oluşmaktadır. Cevherleşmeler Malatya Metamorfitlerini kesen fay zonları içerisinde yer almaktadır (Şekil 2).

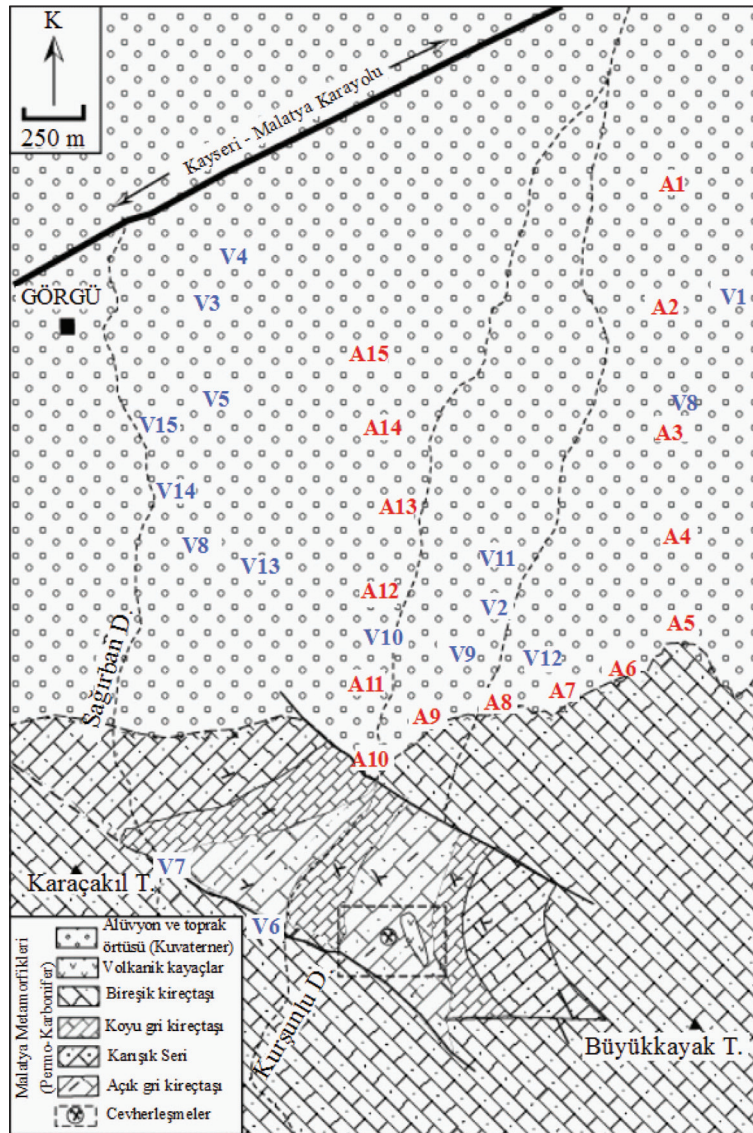
Sağıroğlu (1988)'na göre, inceleme alanında Malatya Metamorfikleri hemen hemen tamamen kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bunlar alttan üstte doğru açık gri kireçtaşları, karışık seri, koyu gri kireçtaşları

ve breşik kireçtaşları olarak sıralanmaktadır (Şekil 2).

Volkanik kayaçlar sarımsı-krem renkte olması, alterasyon zonları ve mangan dentritikleri ile bölgedeki birimlerden ayrılabilir. Fay zonları bu kayaçlar boyunca yüzeylenmiştir (Sağıroğlu, 1988) (Şekil 2).

İnceleme alanının kuzey bölümünde geniş bir alanda, yer yer yamaç molozları da içeren, alüvyon ve toprak örtüsünden oluşan birim yer almaktadır (Şekil 2).

Çalışma alanında, KB doğrultulu ve birbirine paralel iki fay zonu bulunmaktadır. Bu iki fay zonunda



Şekil 2- Çalışma alanının jeoloji (Sağıroğlu, 1988'den alınmıştır) ve *A. pycnocephalus* (örnek numarası kırmızı renkli) ve *V. euphraticum* (örnek numarası mavi renkli) bitki örneklerinin dağılım haritası.

cevherleşmeye veya alterasyona rastlanmamıştır (Sağiroğlu, 1988).

Dasitik-andezitik volkanizma ile ilişkili olduğu düşünülen bu cevherleşme, volkano-sedimanter kayalar ile kireçtaşlarının kondağında ve her iki birimin içerisinde yer almaktadır (Özen, 1991). Volkano-sedimanter kayalar gri, yeşilimsi gri, grimsi mavi ve yeşilimsi kahverengi renkte olup oldukça bozunmuş, çatlaklı ve boşluklu bir dokuya sahiptir. Bu kayalarda yer yer serizitleşme ve killeşme de görülmektedir. Yan kayacın mineralojik bileşimi ise, plajiyoklas, tremolit-aktinolit, kalsit, klorit, titanit, apatit ve opak minerallerden oluşmaktadır (Güdücü, 1994).

Görgü Pb-Zn cevherleşmesi, karbonatlı ve sülfidli olmak üzere iki farklı cevherleşmeden meydana gelmektedir (Pratt, 1990). Karbonatlı cevher, (örneğin, $ZnCO_3$, $PbCO_3$), yüzeyden başlayarak daha derinlerde meteorik suların bulunduğu çatlakların yakın çevresinde yer almaktadır. Bu cevherleşme sarı, kahverengi-sarı renklerde ve limonitçe zengin Zn-karbonat şeklindedir. Cevher mineralleri, simitsonit, limonit, zinkit, hidrozkinkit, anglezit-serüzit'tir. Sülfidli cevher ise, (örneğin, ZnS , PbS), 30-40 m derinlikte başlayarak düşey olarak devam eder. Genellikle koyu gri renkte ve kireçtaşları içerisinde saçınımlı olarak bulunmaktadır (Sağiroğlu, 1988). Cevher mineralleri, galen, sfalerit, pirit ve markazit'tir (Sağiroğlu, 1988; Güdücü, 1994).

3. Materyal ve Metod

Kırat (2009) tarafından yapılmış doktora tez çalışmasında, *A. pycnocephalus* ve *V. euphraticum* bitkilerinden birer adet analiz gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında ise, bu iki bitki örneğinden ve bu bitkilerin yetiştiği topraktan 30'ar adet örnek

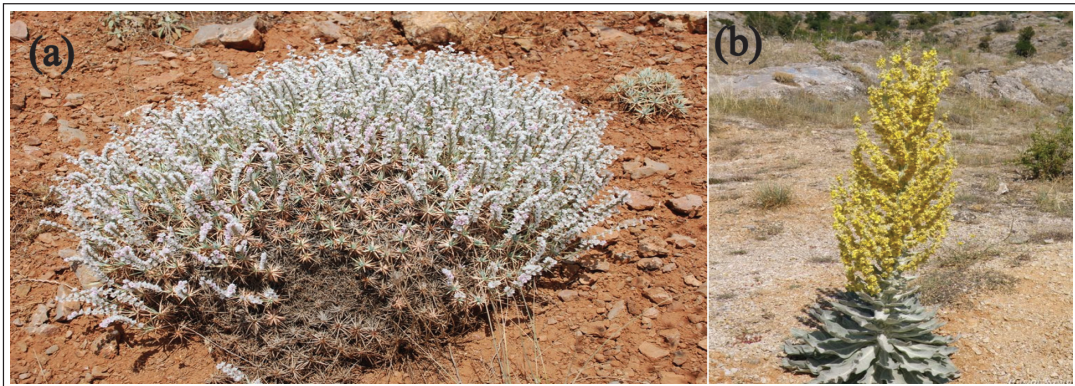
alınmıştır. Alınan bu örneklerin Cd, Pb ve Zn element analizleri, ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrophotometer) ile Yozgat-Bozok Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (BİLTEM) yapılmıştır.

ICP-MS cihazı; kalitatif (nitel), kantitatif (nicel) ve izotop oranı ölçümleri yapabilecek kalibrasyonlara sahiptir. Li, Be ve B ölçümü sağlayan, He içindeki KED (Kinetic Energy Discrimination) modunda düşük kütleli iyonların hücre üzerinden geçişine olanak sağlar. Kuadropol tarama hızı, her element için, 90.000 amu/s'dir. Sistem, karmaşık örneklerde, daha iyi pik çözümülemesi yapılabilmesi için, 2.0 MHz kuadropol frekansına sahiptir ve sistemdeki MS-dedektörü için doğrusal dinamik aralığı 1-109 cps'dir. Analiz edilen toprak ve bitki örneklerinin dedeksiyon limitleri; Cd:0.01mg/kg, Pb: 0.01 mg/kg, Zn: 0.1 mg/kg.

3.1. Bitki Analizleri

Çalışma alanında, *A. pycnocephalus* (Keven) ve *V. euphraticum* (Sığır Kuyruğu) bitki örneklerinin (Şekil 3) kök ve dalından sistematik olarak toplam 30 adet örnek alınmıştır (Şekil 2). Alınan örneklerin kökleri ve dalları ayrılarak önce musluk suyundan sonra saf sudan geçirilmiştir. Oda sıcaklığında kurutulan bitki örnekleri daha sonra etüvde 80-90 °C'de 24 saat bekletilerek neminden arındırılmıştır.

Kurutulmuş olan bitki örneklerinin herbir organından ayrı ayrı 4-5 gr alınarak kül fırınına konulmuştur. Bu fırına konulan örnekler 50 °C sıcaklıktan başlayarak ve her saatte 50 °C sıcaklığı artırarak 550 °C'ye kadar yakılarak külleştirilmiştir. Önceki çalışmacılar, bu sıcaklık aralığını 475 – 550 °C belirlemişlerdir (Reichman vd., 2001).



Şekil 3- Çalışma alanı çevresinde yetişen (a) *A. pycnocephalus* ve (b) *V. euphraticum* bitkilerinden bir görünüm.

3.2. Toprak Analizleri

Bitki örneklerinin üzerinde yetiştirildiği topraktan toplam 30 adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 2). Toprak örnekleri, bitki örneklerinin alındığı lokasyonda yaklaşık 15-20 cm derinlikten metalik kirlilik olmamasına dikkat edilerek plastik kürekler yardımıyla ve bitki kökleri ayıklanarak alınmıştır. Alınan toprak örnekleri 2 mm aralıklı plastik elekten geçirilerek poşetlenmiş, numaralandırılmış ve laboratuvara getirilmiştir. Bu örnekler yaklaşık iki hafta oda sıcaklığında kurutulmuştur.

Toprak örneklerinin pH değerlerinin ölçülmesi için, 4 gr toprak (<2 mm) örneği ile 10 ml saf su karıştırılarak (1:2.5) test tüpleri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu tüpler 20-25 dakika içinde arada bir karıştırılarak pH metre ile pH değerleri ölçülmüştür (Çizelge 1 - 3).

Hajara vd. (2014), tarafından önerilen örnek hazırlama yöntemleri dikkate alınarak, kül haline getirilen bitki örneklerinden ve bu bitkilerin üzerinde yetiştirildiği topraktan 1'er gr örnek alınarak

üzerine 2 ml derişik HNO_3 ilave edilerek bir karışım hazırlanmıştır. Elde edilen bu karışım ısıtıcı tabla üzerinde buharlaştırılarak kurutulmuştur. Kurutulan karışım üzerine tekrar $\text{HCl-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ (herbir asitten 1:1:1 oranında 6 ml karışım çözeltisi) eklenerek karıştırılmış ve elde edilen karışım saf su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır.

4. Bulgular ve Tartışma

4.1. Toprakta Cd, Pb ve Zn Element Konsantrasyonları

Topraktaki Cd, Pb ve Zn elementleri için kimyasal analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (>10000 mg/kg değerleri istatistiksel değerlendirmede kullanılmamıştır) (Çizelge 1 - 6). *A. pycnocephalus* bitkisinin yetiştirildiği toprağın pH'ının Pb elementi ile arasında ($r = 0.2$) pozitif bir ilişki gözlenirken, Cd elementi ($r = -0.47$) ve Zn elementi ile arasında ($r = -0.24$) negatif bir ilişki gözlenmektedir (Çizelge 1-3). *V. euphraticum* bitkisinin yetiştirildiği toprağın pH'ının Zn elementi ile arasında ($r = 0.2$) pozitif bir ilişki gözlenirken, Cd elementi ($r = -0.22$) ve Pb elementi

Çizelge 1- *A. pycnocephalus* bitkisinde Cd element dağılımları ve dağılımların istatistiksel değerlendirilmeleri.

Cd (mg/kg)					Zenginleşme Katsayısı		Geçiş Faktörü	Kat
Örnek	pH	Toprak	Kök	Dal	K/T	D/T	D/K	D/Cd
A1	5.2	86.2	6.7	8.6	0.08	0.10	1.28	8.6
A2	5.3	93.6	7.8	10.2	0.08	0.11	1.31	10.2
A3	5.1	87.3	8.3	9.3	0.10	0.11	1.12	9.3
A4	4.9	75.7	7.4	6.7	0.10	0.09	0.91	6.7
A5	4.7	56.2	8.1	6.4	0.14	0.11	0.79	6.4
A6	5.4	61.3	6.3	7.1	0.10	0.12	1.13	7.1
A7	5.7	42.2	7.2	8.8	0.17	0.21	1.22	8.8
A8	6.9	45.7	4.9	3.5	0.11	0.08	0.71	3.5
A9	4.6	101.1	21.5	16.2	0.21	0.16	0.75	16.2
A10	5.1	98.7	14.7	23.3	0.15	0.24	1.59	23.3
A11	6.3	87.9	9.6	11.4	0.11	0.13	1.19	11.4
A12	7.01	65.6	5.1	6.3	0.08	0.10	1.24	6.3
A13	4.4	110.2	23.8	25.8	0.22	0.23	1.08	25.8
A14	4.6	85.6	7.5	10.1	0.09	0.12	1.35	10.1
A15	5.0	79.4	5.5	8.2	0.07	0.10	1.49	8.2
Minimum		42.2	4.9	3.5				
Maksimum		110.2	23.8	25.8				
Aritmetik Ortalama		78.4	9.6	10.8				
Medyan		85.6	7.5	8.8				
Standart Sapma		20.3	5.8	6.3				

(K/T: Kök/Toprak, D/T: Dal/Toprak, D/K: Dal/Kök, D/Cd: Dal/Cd)

Çizelge 2- *A. pycnocephalus* bitkisinde Pb element dağılımları ve dağılımların istatistiksel değerlendirilmeleri.

Pb (mg/kg)				Zenginleşme Katsayısı		Geçiş Faktörü	Kat
Örnek	Toprak	Kök	Dal	K/T	D/T	D/K	D/Pb
A1	5639	450.7	789	0.08	0.14	1.75	157.8
A2	2198	124.4	83	0.06	0.04	0.67	16.6
A3	>10000	832.7	454	<0.08	<0.05	0.55	90.8
A4	>10000	1053.3	651	<0.11	<0.07	0.62	130.2
A5	5935	628	342	0.11	0.06	0.54	68.4
A6	3138	753.3	96	0.24	0.03	0.13	19.2
A7	>10000	762.3	378	<0.08	<0.04	0.50	75.6
A8	>10000	1420	298	<0.14	<0.03	0.21	59.6
A9	5572	324.3	94	0.06	0.02	0.29	18.8
A10	>10000	926.7	181	<0.09	<0.02	0.20	36.2
A11	>10000	1094	269	<0.11	<0.03	0.25	53.8
A12	>10000	1367	447	<0.14	<0.04	0.33	89.4
A13	>10000	1467	284	<0.15	<0.03	0.19	56.8
A14	3160	438.1	287	0.14	0.09	0.66	57.4
A15	>10000	1527.1	211	<0.15	<0.02	0.14	42.2
Minimum	2198	124.4	83				
Maksimum	>10000	1527.1	789				
Aritmetik Ortalama	4273.7	877.9	324.3				
Medyan	4366	832.7	287				
Standart Sapma	1621.6	441.2	200.2				

(K/T: Kök/Toprak, D/T: Dal/Toprak, D/K: Dal/Kök, D/Cd: Dal/Pb)

Çizelge 3- *A. pycnocephalus* bitkisinde Zn element dağılımları ve dağılımların istatistiksel değerlendirilmeleri.

Zn (mg/kg)				Zenginleşme Katsayısı		Geçiş Faktörü	Kat
Örnek	Toprak	Kök	Dal	K/T	D/T	D/K	D/Zn
A1	>10000	981	1798	<0.10	<0.18	1.83	17.98
A2	9883	974	748	0.10	0.08	0.77	7.48
A3	8244	385	287	0.05	0.03	0.75	2.87
A4	>10000	899	478	<0.09	<0.05	0.53	4.78
A5	>10000	1034	736	<0.10	<0.07	0.71	7.36
A6	6088	321	179	0.05	0.03	0.56	1.79
A7	7244	1530	362	0.21	0.05	0.24	3.62
A8	>10000	787	515	<0.08	<0.05	0.65	5.15
A9	>10000	917	1491	<0.09	<0.15	1.63	14.91
A10	>10000	1083	1254	<0.11	<0.13	1.16	12.54
A11	>10000	1347	1208	<0.13	<0.12	0.90	12.08
A12	>10000	727	1236	<0.07	<0.12	1.70	12.36
A13	>10000	1380	1687	<0.14	<0.17	1.22	16.87
A14	>10000	755	1377	<0.08	<0.14	1.82	13.77
A15	7988	723	986	0.09	0.12	1.36	9.86
Minimum	6088	321	179				
Maksimum	>10000	1530	1798				
Aritmetik Ortalama	7889.4	922.9	956.1				
Medyan	7988	917	986				
Standart Sapma	1393.9	335.8	524.9				

(K/T: Kök/Toprak, D/T: Dal/Toprak, D/K: Dal/Kök, D/Cd: Dal/Zn)

Çizelge 4- *V. euphraticum* bitkisinde Cd element dağılımları ve dağılımların istatistiksel değerlendirilmeleri.

Cd (mg/kg)					Zenginleşme Katsayısı	Geçiş Faktörü		Kat
Örnek	pH	Toprak	Kök	Dal	K/T	D/T	D/K	D/Cd
V1	4.9	119	7.53	7.8	0.06	0.07	1.04	7.8
V2	5.1	37.8	12.1	6.4	0.32	0.17	0.53	6.4
V3	4.7	438	15.3	4.4	0.03	0.01	0.29	4.4
V4	5.9	140	15.7	8.2	0.11	0.06	0.52	8.2
V5	4.5	225	8.1	6.7	0.04	0.03	0.83	6.7
V6	5.1	173	23.3	5.1	0.13	0.03	0.22	5.1
V7	5.7	115	54.4	7.2	0.47	0.06	0.13	7.2
V8	5.9	544	19.1	34.3	0.04	0.06	1.80	34.3
V9	4.5	21.6	4.3	6.5	0.20	0.30	1.51	6.5
V10	5.3	87	10.4	5.4	0.12	0.06	0.52	5.4
V11	5.8	4.1	10.1	1.9	2.46	0.46	0.19	1.9
V12	5.9	96	9.3	14	0.10	0.15	1.51	14
V13	6.4	22	8.7	3.5	0.40	0.16	0.40	3.5
V14	6.6	19	2.4	2.7	0.13	0.14	1.13	2.7
V15	4.7	34.9	6.5	5.8	0.19	0.17	0.89	5.8
Minimum		4.1	2.4	1.9				
Maksimum		544	54.4	34.3				
Aritmetik Ortalama		138.4	13.8	8.0				
Medyan		96	10.1	6.4				
Standart Sapma		157.8	12.5	7.8				

(K/T: Kök/Toprak, D/T: Dal/Toprak, D/K: Dal/Kök, D/Cd: Dal/Cd)

Çizelge 5- *V. euphraticum* bitkisinde Pb element dağılımları ve dağılımların istatistiksel değerlendirilmeleri.

Pb (mg/kg)				Zenginleşme Katsayısı		Geçiş Faktörü	Kat
Örnek	Toprak	Kök	Dal	K/T	D/T	D/K	D/Pb
V1	>10000	243	462	<0.02	<0.05	1.90	92.4
V2	>10000	762.5	434	<0.08	<0.04	0.57	86.8
V3	>10000	283	128	<0.03	<0.01	0.45	25.6
V4	>10000	756.6	131	<0.08	<0.01	0.17	26.2
V5	>10000	134.2	84	<0.01	<0.01	0.63	16.8
V6	7767	154.1	58	0.02	0.01	0.38	11.6
V7	>10000	640	243	<0.06	<0.02	0.38	48.6
V8	8906	340.7	89	0.04	0.01	0.26	17.8
V9	>10000	250.1	109	<0.03	<0.01	0.44	21.8
V10	7483	278	52	0.04	0.01	0.19	10.4
V11	6918	343.3	278	0.05	0.04	0.81	55.6
V12	>10000	443	282	<0.04	<0.03	0.64	56.4
V13	>10000	691	337	<0.07	<0.03	0.49	67.4
V14	9984	357	124	0.04	0.01	0.35	24.8
V15	9831	235	245	0.02	0.02	1.04	49
Minimum	6918	134.2	52				
Maksimum	>10000	762.5	462				
Aritmetik Ortalama	8481.5	394.1	203.7				
Medyan	8336.5	340.7	131				
Standart Sapma	1281.5	214.6	133.8				

(K/T: Kök/Toprak, D/T: Dal/Toprak, D/K: Dal/Kök, D/Cd: Dal/Pb)

Çizelge 6- *V. euphraticum* bitkisinde Zn element dağılımları ve dağılımların istatistiksel değerlendirilmeleri.

Zn (mg/kg)				Zenginleşme Katsayısı		Geçiş Faktörü	Kat
Örnek	Toprak	Kök	Dal	K/T	D/T	D/K	D/Zn
V1	>10000	289	598	<0.03	<0.06	2.07	5.98
V2	7998	743	708	0.09	0.09	0.95	7.08
V3	>10000	732	744	<0.07	<0.07	1.02	7.44
V4	>10000	444	532	<0.04	<0.05	1.20	5.32
V5	>10000	1145	860	<0.11	<0.09	0.75	8.6
V6	>10000	1043	431	<0.10	<0.04	0.41	4.31
V7	7512	967	789	0.13	0.11	0.82	7.89
V8	>10000	630	455	<0.06	<0.05	0.72	4.55
V9	5020	703	239	0.14	0.05	0.34	2.39
V10	>10000	765	233	<0.08	<0.02	0.30	2.33
V11	8903	631	211	0.07	0.02	0.33	2.11
V12	6269	157	264	0.03	0.04	1.68	2.64
V13	>10000	509	700	<0.05	<0.07	1.38	7
V14	>10000	2436	349	<0.24	<0.03	0.14	3.49
V15	9986	1874	367	0.19	0.04	0.20	3.67
Minimum	5020	157	211				
Maksimum	>10000	2436	860				
Aritmetik Ortalama	7614.7	871.2	498.7				
Medyan	7755	732	455				
Standart Sapma	1787.9	592.9	222.4				

(K/T: Kök/Toprak, D/T: Dal/Toprak, D/K: Dal/Kök, D/Cd: Dal/Zn)

($r = -0.2$) ile arasında negatif bir ilişki gözlenmiştir (Çizelge 4-6).

Cd, fosforitlerle ilişkili iz elementler arasında yer alır. Fosforitlerde ortalama 20 mg/kg (Il'in ve Kiperman, 2001), granitte 0.15 mg/kg, şeyllerde 1.5 mg/kg, siyah şeyllerde 6.5 mg/kg, sfaleritte 2100-2600 mg/kg (Olade, 1987) konsantrasyonlarında bulunur. Toprakta Cd'un bulunuşu, organik madde, pH, tane boyu ve kation değişim kapasitesi gibi bazı özelliklere bağlıdır. Dünya topraklarında kirlilikten etkilenmemiş maden alanlarında ortalama Cd konsantrasyonu 0.3 mg/kg'dır (Reimann ve Caritat, 1998). UK (Birleşik Krallık) Toprak ve Herbage Kirlilik Anketinde (Environment Agency, 2007) UK'daki topraklarda ortalama 0.39 mg/kg'dır (Health Protection Agency, 2009). Toprakta Cd konsantrasyonunu Rose vd. (1979), 0.1-0.5 mg/kg ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise 0.03 - 0.32 mg/kg (Nazır vd., 2015) olarak belirlemişlerdir.

A. Pycnocephalus bitkisinin yetiştiği topraklarda Cd konsantrasyonu, 42.2-110.2 mg/kg (ortalama 78.4 mg/kg) arasında değişirken, *V. Euphraticum* bitkisinin

yetiştigi topraklarda 4.1-544 mg/kg (ortalama 138.4 mg/kg) arasında değişmektedir (Çizelge 1-6).

Pb, toprakta hareketliliği düşük bir elementtir. Fakat bu hareketlilik, Fe-Mn oksitlere ve çözünmeyen organik madde miktarına bağlı olarak değişir. Pb, çözülebilir organik komplekslerle ya da anyonik komplekslerle birlikte bulunduğu hareketliliği artar. Pb toprakta, kil mineralleri, Mn oksitler, Fe-Al hidroksit ve organik maddelerle ilişkili olarak bulunur. Bazı topraklarda ise, CaCO_3 ya da fosfat konsantrasyonlarıyla ilişkilidir (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001). Dünya ortalamasına göre, kirlenmemiş topraklarda 44.0 mg/kg (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001), kırsal alanlardaki topraklarda 18.8 mg/kg (Al Obaidy ve Al Mashhadi, 2013), Rose vd. (1979) tarafından kirlenmemiş topraklarda ortalama değer 17 mg/kg, WHO (Nazır vd., 2015) tarafından belirtilen değer 0.061-0.46 mg/kg arasında ve yüzeydeki topraklarda bulunan ortalama değer 32 mg/kg'dır (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Wuana vd., 2011). Çalışma bölgesinde, *A. pycnocephalus* bitkisinin yetiştiği topraklarda 2198->10000 mg/kg ve *V. euphraticum* bitkisinin yetiştiği topraklarda

6918->10000 mg/kg arasında olup, yukarıda belirtilen değerlerden oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1-6).

Zn elementi toprakta, çinko sülfidler, Fe-Mn oksitler, mafik mineraller (hornblend ve biyotit) ve kalkofil elementlerle (Cu ve Pb) birlikte bulunur (Rose vd., 1979). Toprakta, toplam Zn konsantrasyonu 10 - 300 mg/kg, kırsal alanlardaki topraklarda 16.15 mg/kg'dır (Alloway, 1995). Kabata-Pendias ve Pendias (2001)'e göre, kirlenmemiş topraklarda 100 mg/kg, Rose vd. (1979) tarafından toprakta ortalama 36 mg/kg ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) (Nazır vd., 2015) tarafından toprakta belirtilen değer 0.033-0.349 mg/kg aralığındadır. Çalışma alanında Zn konsantrasyonu 6088->10000 mg/kg (*A. pycnocephalus*) ve 5020->10000 mg/kg (*V. euphraticum*) aralığında olup yukarıdaki bazı araştırmacılar tarafından belirtilen değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1-6).

Görgü köyü ve çevresinde yapılan bu çalışmada elde edilen ve çizelge 1- 6'da verilen sonuçların, Kırat (2009) tarafından aynı bölgede yapılan Cd:82.2 mg/kg, Pb:5649 mg/kg, Zn:>10000 mg/kg (*A. pycnocephalus*) ve Cd:109 mg/kg, Pb ve Zn:>10000 mg/kg, (*V. euphraticum*) olarak elde edilen değerler ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

4.2. Bitkide Cd, Pb ve Zn Element Konsantrasyonları

Ağır metallerle kirlenilmiş topraklarda yetişen bitkilerde, kirlilikten etkilenmemiş topraklarda yetişen bitkilere göre daha yüksek ağır metal konsantrasyonu gözlenmektedir (Guttormsen vd., 1995; Dowdy ve Larson, 1995; Naser vd., 2012; Vural, 2014).

Genel olarak bitkiler için WHO tarafından belirtilen Cd konsantrasyonu 0.02 mg/kg, Pb konsantrasyonu 2 mg/kg ve Zn konsantrasyonu 50 mg/kg (Nazır vd., 2015; Shah vd., 2011)'dir. Rose vd. (1979) göre, Cd konsantrasyonu 4.3 mg/kg, Pb konsantrasyonu 30 mg/kg ve Zn konsantrasyonu ortama 570 mg/kg'dır.

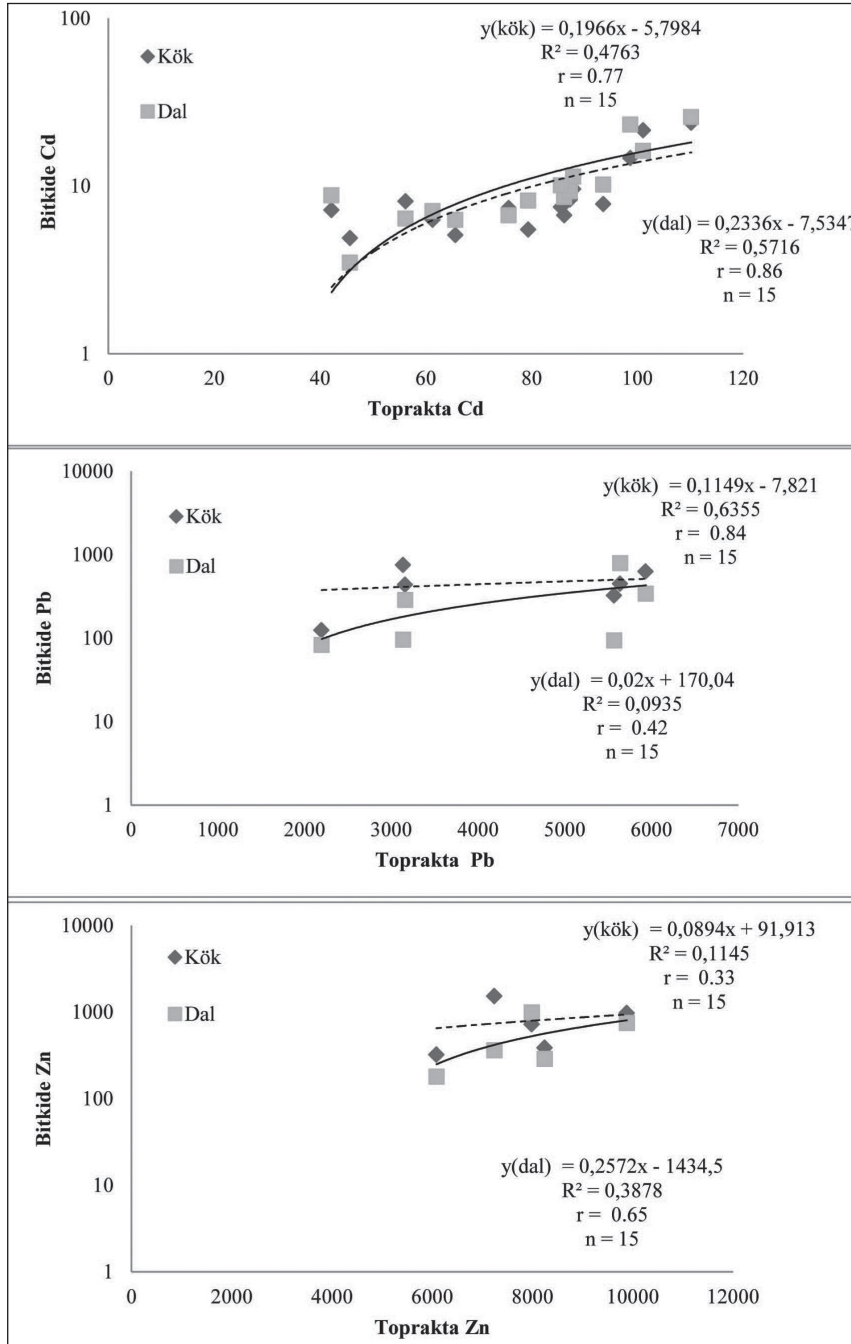
A. pycnocephalus bitkisinin dalında Cd'un en düşük konsantrasyonu A8 nolu lokasyonda 3.5 mg/kg, en yüksek konsantrasyonu A13 nolu lokasyonda 25.8 mg/kg ve ortalama 10.8 mg/kg'dır. *V. euphraticum* bitkisinin dalında Cd'un en düşük konsantrasyonu (V11 nolu lokasyonda) 1.9 mg/kg, en yüksek konsantrasyonu (V8 nolu lokasyonda) 34.3 mg/kg ve ortalama 8.0 mg/kg'dır.

A. pycnocephalus bitkisinin kökünde Cd'un en düşük konsantrasyonu 4.9 mg/kg, en yüksek konsantrasyonu 23.8 mg/kg ve ortalama 9.6 mg/kg'dır. *V. euphraticum* bitkisinin kökünde Cd'un en düşük konsantrasyonu 2.4 mg/kg en yüksek konsantrasyonu 54.4 mg/kg ve ortalama 13.8 mg/kg'dır. Çalışma alanındaki element konsantrasyonları ve ortalama değerlerinin belirtilen değerlere göre yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 1-6).

Görgü köyü ve çevresinde yapılan bu çalışmada elde edilen ve çizelge 1-6'da verilen sonuçların, Kırat (2009) tarafından aynı bölgede yapılan Cd: 5.03 mg/kg, Pb: 445.7 mg/kg, Zn: 881 mg/kg (*A. pycnocephalus*'un kökünde) ve Cd: 6.53 mg/kg, Pb: 343 mg/kg ve Zn: 409 mg/kg (*V. euphraticum*'un kökünde) olarak elde edilen değerler ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

A. pycnocephalus ve *V. euphraticum* bitkileri ile bu bitkinin üzerinde yetiştiği topraktaki Cd, Pb ve Zn elementleri arasındaki Sperman korelasyon katsayıları hesaplanarak (>10000 mg/kg değerleri dikkate alınmamıştır) şekil 4-5'de verilmiştir ve Schroll (1975) tarafından toprak ve bitki örnekleri arasındaki korelasyon ilişkisi % 95 ve % 99 güvenilirlikle yorumlanmıştır (Özdemir ve Demir, 2010). *A. pycnocephalus* bitkisi Cd için; toprak-kök ($r=0.77$, $n=15$, $p<0.01$, % 99), toprak-dal ($r=0.86$, $n=15$, $p<0.01$, % 99), Pb için; toprak-dal ($r=0.77$, $n=6$, $p<0.01$, % 99), toprak-kök ($r=0.4$, $n=6$), Zn için; toprak-dal ($r=0.5$, $n=5$, $p<0.05$, % 95), toprak-kök ($r=0.3$, $n=5$) *V. euphraticum* bitkisi Cd için; toprak-kök ($r=0.58$, $n=15$, $p<0.05$, % 95), toprak-dal ($r=0.55$, $n=15$, $p<0.05$, % 95), Pb için; toprak-kök ($r=0.14$, $n=6$) toprak-dal ($r=0.1$, $n=6$), Zn için; toprak-kök ($r=0.5$, $n=6$, $p<0.05$, % 95), toprak-dal ($r=0.1$, $n=6$) olduğu görülmektedir.

A. pycnocephalus bitkisinin kökü Pb için; kökü ve dalı Zn için; *V. euphraticum* bitkisinin kökü ve dalının Cd, Pb ve Zn için istatistiksel olarak bir anlam ifade etmediği ($p<0.05$, % 95 güvenilirlikle) görülmüştür. Biyojeokimyasal prospeksiyonda *A. pycnocephalus* bitkisinin kökü ve dalı Cd için; dalı Pb için ($p<0.01$, % 99 güvenilirlikle) indikatör bitkilerin belirlenmesinde ve kirlenilmiş alanların iyileştirilmesinde kullanılabileceği önerilebilir. Toprakta aşırı miktarda Cd ve Pb değerlerine karşılık *A. pycnocephalus* bitkisinin aşırı miktarda Cd ve Pb alması nedeniyle bu bitki türünün akümülatör bitki olabileceği söylenebilir.

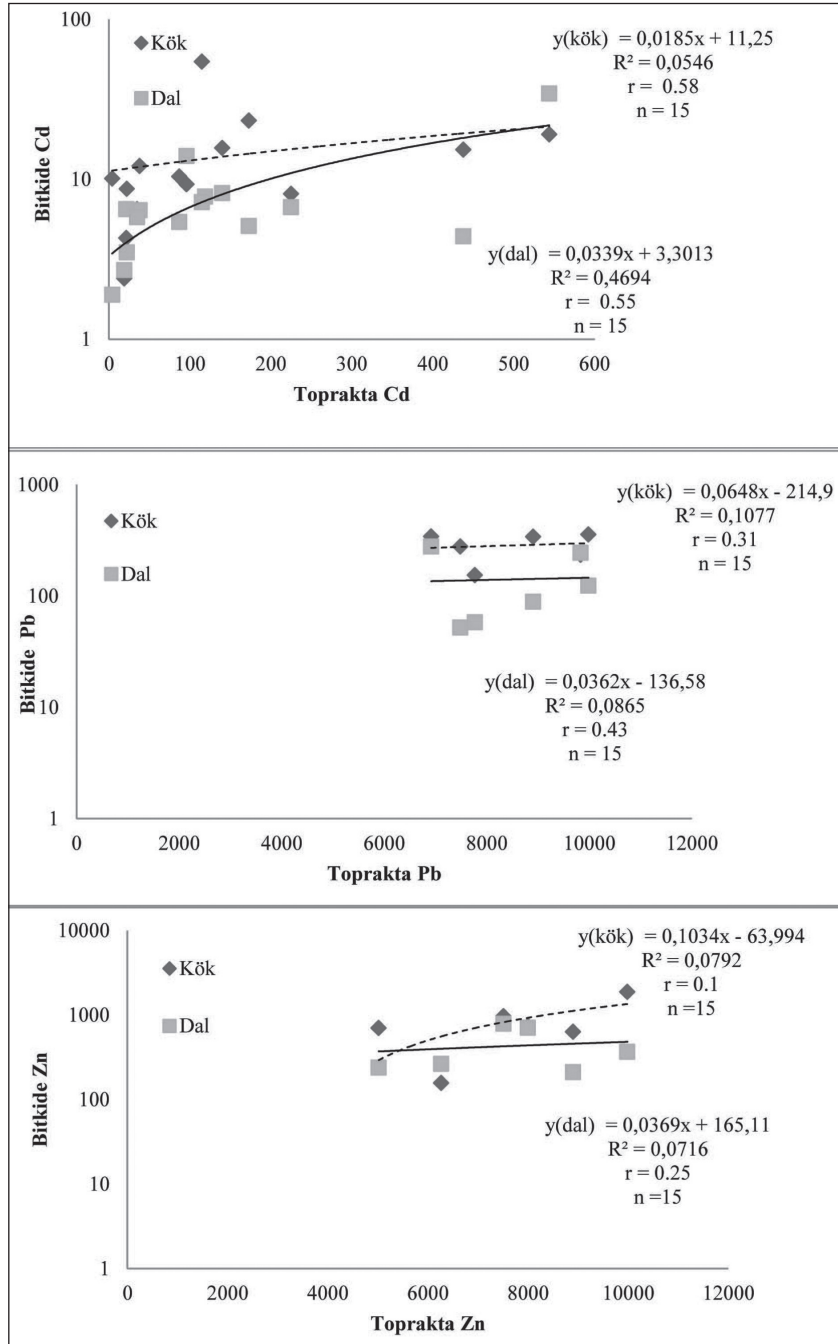


Şekil 4- *A. pycnocephalus* bitki örneklerinde Cd, Pb ve Zn elementlerinin toprakta bulunma oranları ile bitkinin kök ve dalında bulunma oranları arasındaki korelasyon ve dağılım ilişkisi.

Hiperakümülatörü tanımlamak için 4 kural vardır: Bunlar; 1) Bitkinin dalı/bitkinin kökü >1 (Geçiş faktörü>1) (Xiaohai vd., 2008); 2) Bitki/toprak >1 (zenginleşme katsayısı >1) (Rotkittikhun vd., 2006; Harrison ve Chirgawi, 1989); 3) Bitkinin dalı/metal oranı (Cd: 1 mg/kg, Pb: 5 mg/kg, Zn: 100 mg/kg) 10-500 kat arasında (kat değeri) (Fifield ve Haines, 2000; Allen, 1989; Shen ve Liu, 1998; Yanqun vd.,

2005), ve 4) Bitkideki element konsantrasyonu (Cd >100 mg/kg, Pb >1000 mg/kg, ve Zn >10000 mg/kg) (Mganga vd., 2011; Ernst, 2006; Brooks, 1998; Mehes-Smith vd., 2013).

Geçiş faktörü alınan tüm örneklerde 0.13 (A6 ve V7) -2.07 (V1) arasında değişmektedir. Geçiş faktörü *A. pycnocephalus* bitkisinde; Cd için 11 lokasyonda



Şekil 5- *V. euphraticum* bitki örneklerinde Cd, Pb ve Zn elementlerinin toprakta bulunma oranları ile bitkinin kök ve dalında bulunma oranları arasındaki korelasyon ve dağılım ilişkisi.

(A1-A3, A6, A7, A10-A15), Pb için bir lokasyonda (A1), Zn için 7 lokasyonda (A1, A9, A10, A12-A15), ve *V. euphraticum* bitkisinde; Cd için 5 lokasyonda (V1, V8, V9, V12, V14), Pb için 2 lokasyonda (V1, V15), Zn için 5 lokasyonda (V1, V3, V4, V12, V13) 1'den büyüktür (Çizelge 1-6). Çalışma alanında, geçiş faktörünün >1 olması kökten dallara doğru metallerin taşındığını göstermektedir.

Zenginleşme katsayısı, esas olarak metalin çözünebilir fraksiyonuna ve topraktaki organik maddeye bağlıdır (Xiaohai vd., 2008). Bu katsayı, bitkilerde iyileştirme potansiyeli olarak düşünüldüğünde önemli bir faktördür. Zenginleşme katsayısının 1'den küçük olması, ya topraktaki metal konsantrasyonunun artmasıyla ya da bitkide metal konsantrasyonunun düşük olmasından kaynaklanır

(Zhao vd., 2003). Çalışma alanında, V11 nolu lokasyonunda *V. euphraticum* bitkisinin zenginleşme katsayısı 2.46'dır. Genel olarak, *A. pycnocephalus* ve *V. euphraticum* bitkilerinin alındığı tüm lokasyonlarda zenginleşme katsayısı 1'in altındadır (Çizelge 1-6).

A. pycnocephalus bitkisi (Cd) A2, A9-A11, A13-A14, (Zn) A1, A9-A14 nolu lokasyonlarda ve *V. euphraticum* bitkisi (Cd) V8 nolu lokasyonda 10-500 kat arasındadır. Her iki bitki türünde de Pb tüm lokasyonlarda 10-500 kat arasında yer almaktadır. *A. pycnocephalus* bitkisinin kökü A4, A8, A11-13 ve A15 nolu lokasyonlarda Pb >1000 mg/kg'dır (Çizelge 1-6).

Kat değerleri alınan tüm örneklerde 1.79-157.8 arasında değişmektedir. Kat değerleri *A. pycnocephalus* bitkisinde; Cd için 6 lokasyonda, Pb için tüm lokasyonlarda ve Zn için 7 lokasyonda 10'dan büyüktür. *V. euphraticum* bitkisinde; Cd için bir lokasyonda ve Pb için tüm lokasyonlarda 10'den büyük iken Zn değerleri için 10'dan küçüktür (Çizelge 1-6).

Çalışma alanındaki bitki örnekleri, kirlilikten etkilenmemiş topraklarda yetişen bitkilerle karşılaştırıldığında (Cd: 1 mg/kg; Shen ve Liu, 1998); A2, A9, A10, A11, A13, A14 nolu lokasyonlarda *A. pycnocephalus* bitkisi ve V8 nolu lokasyonda *V. euphraticum* bitkisi 10.2-25.8 kat arasında yer almaktadır. Tüm lokasyonlardan alınan (A1-A15 ve V1-V15) örnekler kirlilikten etkilenmemiş alanlardakilere (Pb: 5 mg/kg; Shen ve Liu, 1998) göre; 10.4-157.8 kat arasında Pb içermektedir. A1, A9-A14 lokasyonlarında *A. pycnocephalus* bitkisinde Zn'nun kat değerleri 12.08 -17.98 arasında bulunurken, *V. euphraticum* bitkisinde tüm kat değerleri <10'dur (Zn: 100 mg/kg; Shen ve Liu, 1998) (Çizelge 1-6).

5. Sonuçlar

Çalışma alanındaki *A. pycnocephalus* ve *V. Euphraticum* bitkilerindeki ve üzerinde yetiştiği topraklardaki Cd, Pb ve Zn element dağılımlarını daha iyi belirlemek için analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Cd, Pb ve Zn element değerlerinin, pH değerlerine bağlı olarak değiştiği görülmüştür.
2. Çalışma alanındaki topraklardan elde edilen Cd, Pb ve Zn konsantrasyonunun literatürde belirtilen değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir.
3. *A. pycnocephalus* ve *V. euphraticum* bitkilerinde bulunan Cd, Pb ve Zn için toprak-kök ve toprak-

dal arasında orta ve düşük pozitif korelasyon gözlenmiştir. *A. pycnocephalus* bitkisinin kökü ve dalı Cd için, kökü Pb için, dalı Zn için, *V. euphraticum* bitkisinin kökü ve dalı Cd için indikatör bitkilerin belirlenmesinde ve çevre kirliliğinin iyileştirilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir.

4. *A. pycnocephalus* ve *V. euphraticum* bitkilerindeki Cd, Pb ve Zn konsantrasyon değerlerinin, kirlilikten etkilenmemiş topraklarda yetişen bitkilere göre daha yüksek metal konsantrasyonuna sahip olduğu gözlenmiştir. Geçiş faktörü, *A. pycnocephalus* bitkisinde Cd için; A1-A3, A6, A7, A10-A15, Pb için; A1, Zn için; A1, A9, A10, A12-A15 nolu lokasyonlarda ve *V. euphraticum* bitkisinde Cd için; V1, V8, V9, V12, V14, Pb için; V1, V15 ve Zn için; V1, V3, V4, V12, V13 nolu lokasyonlarda 1'den büyüktür. V11 nolu lokasyonda (Cd, Kök/Toprak), *V. euphraticum* bitkisinin zenginleşme katsayısı >1'dir. Kat değerleri; *A. pycnocephalus* bitkisinde Cd için; A2, A9-A11, A13, A14, Pb için; A1-A15 ve Zn için; A1, A9-A14 nolu lokasyonlarda; *V. euphraticum* bitkisinde Cd için; V8, Pb için; V1-V15 nolu lokasyonlarda 10-500 arasında değişmektedir. Elde edilen analiz sonuçlara göre; *A. pycnocephalus* ve *V. euphraticum* bitki örnekleri Cd, Pb ve Zn için akümülatör/hiperakümülatör olarak tanımlanabilir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma, Bozok Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (BİLTEM) yürütülmüştür. Yazar, katkılarından dolayı BİLTEM'e teşekkür eder.

Değinen Belgeler

- Adriano, D.C. 2001. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. 2nd edition. Springer-Verlag.
- Al Obaidy, A.H.M.J., Al Mashhadi, A.A.M. 2013. Heavy Metal Contaminations in Urban Soil within Baghdad City, Iraq. Journal of Environmental Protection 4, 72-82.
- Allen, S.E. 1989. Chemical Analysis of Ecological Materials. 2nd edition, Blackwell Scientific Publications Oxford.
- Alloway, B.J. 1994. Toxic metals in soil-plant sydals. Chichester, UK: John Wiley and Sons.
- Alloway, B.J. 1995. "Heavy Metals in Soils," Blackie Academic and Professional, London.

- Baker, A.J.M., Walker, P.L. 1990. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants: Heavy metal uptake by tolerant plants. In: Shaw, A.J. (Editors). *Evolutionary Aspects*. CRC, Boca Raton.
- Brooks, R.R. 1998. *Plant that accumulate heavy metals*. CAB International, Wallingford.
- Brooks, R.R., Dunn, C.E., Hall, G.E.M. 1995. *Biological system in mineral exploration and processing*. Elsevier Horwood Limited, 538 s.
- Cengiz, R., Yılmaz, H., Türkyılmaz, B. 1991. Malatya – Yeşilyurt – Cafana (Görgü) yakınındaki Çinkur’a ait ÖİR:671 ve ÖİR:1714 nolu ruhsat sahaları ara raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dowdy, R.H., Larson, W.E. 1995. The availability of sludge-borne metals to various vegetables. *Journal of Environmental Quality*. 4, 278–282.
- Dunn, C.E. 2007. *Biogeochemistry in Mineral Exploration*. Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry, 9, Elsevier, The Netherlands Environment Agency (EA), 2007. UK Soil and Herbage Pollutant Survey, Report Number 7. EA. Bristol, UK.
- Environment Agency. 2007. Flood estimation guidelines, Version 2. Environment Agency.
- Ernst, W.H.O. 2006. Evolution of metal tolerance in higher plants. *Forest Snow and Landscape Research*, 80, 251-274.
- Fifield, F.W., Haines, P.J. 2000. *Environmental Analytical Chemistry*. 2nd Edition, Blackwell Science Ltd., Oxford.
- Guttormsen, G., Singh, B.R., Jeng, A.S. 1995. Cadmium concentrations in vegetable crops grown in a sandy soil as affected by Cd levels in fertiliser and soil pH. *Fert. Res.* 41, 27–32.
- Güdücü, A. 1994. 1:100 000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Malatya L40 paftası. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans semineri (Yayınlanmamış).
- Hajara, E.W.I., Sulaimanb, A.Z.B., Sakinah, A.M.M. 2014. Assessment of Heavy Metals Tolerance in Leaves, Dals and Flowers of *Stevia rebaudiana* Plant. *Procedia Environmental Sciences* 20, 386 – 393.
- Harrison, R.M., Chirgawi, M.B. 1989. The Assessment of air and soil as contributors of some trace metals to vegetable plants I. Use of a filtered air growth cabinet. *Sci. Total Environ.* 83, 13-34
- Health Protection Agency (HPA). 2009. Contaminated Land Information Sheet. Cadmium. (Prepared by Bull, S. and Johnson, C.), HPA. Version 2. Chilton, UK.
- Il'in, A.V., Kiperman, Y.A. 2001. Geochemistry of Cadmium in Mesozoic Phosphorites of the East European Platform. *Lithology and Mineral Resources* 36/ 6, 576–581.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 2001. “Trace Element in Soils and Plants,” CRC Press, London.
- Kachout, S.S., Ben Mansoura, A., Leclerc, J.C., Mecherghi, R., Rejeb, M.N., Ouerghi, Z. 2009. Effects of heavy metals on antioxidant activities of *Atriplex hortensis* and *A. rosea*. *J. Food Agric. Environ.* 7, 938-945.
- Kirat, G. 2009. Görgü (Yeşilyurt - Malatya) Pb – Zn Yatakları ve Çevresindeki Metallerin Bitkilere Yansımaları. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 210 s.
- Mehes-Smith, M., Nkongolo, K., Cholewa, E. 2013. Coping mechanisms of plants to metal contaminated soil. In Silvern, S. and S. Young, editors. *Environmental change and sustainability*. InTech.
- Mganga, N., Manoko, M.L.K., Rulangeranga, Z.K. 2011. Classification of plants according to their heavy metal content around north mara gold mine, Tanzania: Implication for phytoremediation. *Tanzania Journal of Science* 37, 109-119.
- Mitch, M.L. 2002. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanism. *J. Environ. Qual.* 31, 109– 20.
- Naser, H.M., Mahmud, N.U., Sultana, S., Gomes, R., Rahman, M. 2012. Trace Elements Content In VegeÇiz s Grown In Industrially Polluted And Non-Polluted Areas. *Bangladesh J. Agril. Res.* 37/3, 515-527.
- Navarro, M.C., Pérez-Sirvent, C., Martínez-Sánchez, M.J., Vidal, J., Tovar, P.J., Bech, J. 2008. Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: a case study in a semi-arid zone. *Journal of Geochemical Exploration* 96, 183–193.
- Nazır, R., Khan, M., Masab, M., Rehman, H.U., Rauf, N.U., Shahab, S., Ameer, N., Sajed, M., Ullah, M., Rafeeq, M., Shaheen, Z. 2015. Accumulation of Heavy Metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the soil, water and plants and analysis of physico-chemical parameters of soil and water Collected from Tanda Dam kohat. *J. Pharm. Sci. and Res.* 7/3, 89-97.
- Olade, M.A. 1987. Dispersion of Cadmium, Lead, and Zinc in soils and sediments of a humid tropical ecosystem in Nigeria. In Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment (eds. T.C. Hutchinson and K.M. Meema). Wiley, New York, Scope, 31, 303–312.
- Önal, M., Tuzcu, N., Helvacı, C. 1990. Geological setting,

- mineralogy an origin of the Cafana (Malatya) Zn-Pb sulfide and carbonate deposit, E Anatolia, Turkey, in: Int. Earth Sci. Congress on Aegean Regions, Proceedings, ed: M. Y. Savaşın and A. H. Eronat, Izmir, D. E. University, 1, 52-58.
- Özdemir, Z. 2003. Biogeochemical studies at the Musalı and Silifke-Anamur area in Mersin, Turkey. *Geochemistry International* 41/11, 1137-1142.
- Özdemir, Z. 2005. Pinus brutia as a biogeochemical medium to detect iron and inc in soil analysis, chromite deposits of the area Mersin, Turkey. *Chemie Der Erde-Geochemistry* 65, 79-88.
- Özdemir, Z. 2009. Bitkilerle Madenler Bulunabilir mi? Biyojeokimyasal (Bitki Jeokimyası) prospeksiyon nedir? *Madencilik ve Yer Bilimleri Dergisi* 1/3, 14-19.
- Özdemir, Z., Demir, E. 2010. Fındıkpınarı-Erdemli/ Mersin bölgesinde Nikel akümülatörü bir bitki türü Alyssum murale Waldst. & Kit. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 34/1, 57-70.
- Özen, N. 1991. Malatya – Yeşilyurt – Cafana (Görgü) yakınındaki Çinkur’a ait ÖİR:671 ve ÖİR:1714 nolu ruhsat sahaları kurşun – çinko aramaları Jeofizik – İndüklenmiş Polarizasyon (IP). *Science of the Total Environment* 407, 1551 – 1561.
- Pratt, A.D. 1990. The Geology, geochemistry and mineralogy of the sedimentary Cafana Zn-Fe-Pb-Ba deposits, SE Turkey. PH.D, 2. cilt, 116 s., Copenhagen, Danimarka.
- Pulford, I.D., Watson, C. 2003. Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by tree—a view. *Environ. Int.* 29, 529–40.
- Pruvot, C., Douay, F., Herve, F., Waterlot, C. 2006. Heavy metals in soil, crops and grass as a source of human exposure in the former mining areas. *Journal of Soils Sediments* 6, 215–20.
- Reichman, S.M., Asher, C.J., Mulligan, D.R., Menzies, N.W. 2001. Seedling responses of three Australian tree species to toxic concentrations of zinc in solution culture. *Plant and Soil* 235, 151-158.
- Reimann, C., de Caritat, P. 1998. Chemical elements in the environment factsheets for the geochemist and environmental scientist. Berlin, Germany 7 Springer-Verlag; 1998. ISBN 3-540-63670-6.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E., Webb, J.S. 1979. *Geochemistry in Mineral Exploration*, second ed., Academic Press, Newyork, 657s.
- Rotkittikhun, R., Kruatrachue, M., Chaiyarat, R., Ngernsarsaruy, C., Pokethitiyook, P., Pajitpraporn, A., Baker, A.J.M. 2006. Uptake and accumulation of lead by plants from the Bo Ngam lead mine area in Thailand. *Environmental Pollution* 144, 681-688.
- Sağıroğlu, A. 1988. Cafana (Görgü) Malatya karbonatlı Pb – Zn yatakları. *Cumhuriyet Üniv. Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A – Yerbilimleri C.* 5/1, 3-13.
- Salt, D.E, Smith, R.D., Raskin, I. 1998. Phytoremediation. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49, 643-668.
- Schroll, E. (ed), 1975. *Analytische Geochemie*. Enke verl., Bd. I. Stuttgart, 292 s.
- Shah, A., Niaz, A., Ullah, N., Rehman, A., Akhlaq, M., Zakir, M., Khan, M.S. 2013. “Comparative Study of Heavy Metals in Soil and Selected Medicinal Plants”, *Journal of Chemistry*, 1-5.
- Shen, Z.G., Liu, Y.L. 1998. Progress in the study on the plants that hyperaccumulate heavy metal. *Plant Physiol Commun.* 34, 133-9.
- Xiaohai, L., Yuntao, G., Khan, S., Gang, D., Aikui, C., Li, L., Lei, Z., Zhonghan, L., Xuecan, W. 2008. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on contaminated sites and their potential accumulation capacity in Heqing, Yunan. *Journal of Environmental Sciences* 20, 1469–1474.
- Vural, A. 2014. Toprak ve akasya ağacı sürgünlerindeki iz / ağır metal dağılımı, Gümüşhane - Türkiye. *MTA Dergisi* 148, 85-106.
- Wong, M.H. 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere* 50, 775–80.
- Wuana, R., Raymond, A., Okieimen, F.E. 2011. Heavy metals in contaminated soils: A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *ISRN Ecology* 402647, 20.
- Yanqun, Z., Yuan, L., Jianjun, C., Li, Q., Schwartz, C. 2005. Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead – zinc mining area in Yunan, China. *Environment International* 31, 755-762.
- Yoon, J., Cao, X, Zhou Q., Ma, L.Q. 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science of the Total Environment* 368, 456-464.
- Zhao, F.J., Lombi, E., McGrath, S.P. 2003. Assessing the potential for zinc and cadmium phytoremediation with the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Plant Soil* 249:37-43.
- Zhuang, P., McBride, M.B., Xia, H., Li, N., Li, Z. 2009. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Sci Total Environ.* 407(5):1551-61.