

## Kazanlı - Mersin Bölgesinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb için Biyojeokimyasal Anomalilerin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Yorumlanması

*Investigation of Biogeochemical Anomalies and Interpretation of Environmental Conditions for Cu, Mn, Zn, Cd and Pb in Kazanlı-Mersin Area*

Erkan DEMİR<sup>1</sup>, Zeynep ÖZDEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası İl Temsilciliği, Yenişehir, MERSİN

<sup>2</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy, MERSİN

Geliş (received) : 11 Haziran (June) 2013  
Düzeltilme (revised) : 31 Temmuz (July) 2013  
Kabul (accepted) : 16 Ağustos (August) 2013

### ÖZ

Kazanlı- Mersin bölgesinde yıllardır yoğun bir şekilde seracılık ve narenciye üretimi yapılmaktadır. Tarım amaçlı kullanılan bu arazilerde birden fazla kirlenici unsur bulunmaktadır. Başta krom işletmesi olmak üzere petrol dolum tesisleri ve fabrikaların yarattığı atıklar nedeniyle son 25 yıldır Kazanlı-Mersin bölgesi Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb gibi toksik düzeyde elementleri içeren atıklara maruz kalmıştır. Bölgedeki kirlilik; toprak, bitki, yeraltısuyu, yüzey suyu, deniz suyu ve hava kirliliği olarak gözlenebilmektedir. Bu çalışmada Kazanlı-Mersin bölgesinde biyojeokimyasal anomalilerin incelenmesi ve çevresel ortamın yorumlanması amaçlanmıştır. Bölgede yetişen 19 bitki türü (16 doğal, 3 plantasyon bitki türü) ile bitkilerin yetiştiği topraklardan ve çalışma alanında mevcut suların (kuyu, deniz, dere) sistematik olarak örnekler toplanmıştır. Alınan örneklerde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb düzeyleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile analiz edilmiştir. Toprak ve bitki örneklerinde yapılan kimyasal analizlerde 5 element için toprak-bitki arasındaki dağılımlar istatistiksel olarak incelenerek 3 element için bitki-toprak arasında doğrusal ilişki saptanmıştır. Cu için *Melilotus sp.* (yaprak ve dal), *Alhagi camelorum* (yaprak) ve *Xanthium strumarium* (yaprak ve dal) bitki türlerinin; Mn için *Vicetoxicum parviflorum* (yaprak), *Melilotus sp.* (yaprak), *Alhagi camelorum* (yaprak ve dal), *Salsola kali* (yaprak), *Arundo donax* (yaprak), *Xanthium strumarium* (yaprak ve dal) ve *Eucalyptus grandis* (yaprak) bitki türlerinin; Zn için ise *Melilotus sp.* (yaprak), *Pancratium maritimum* (dal) ve *Arundo donax* (yaprak ve dal) bitki türlerinin belirtgen (indikatör) bitki olabileceği saptanmıştır. İncelenen bitki türleri ile topraklar arasında Pb ve Cd element düzeyleri açısından doğrusal bir ilişki saptanamamıştır. Bitkilerde ve toprakta element içerikleri bakımından Mn ve Zn için derişim düzeylerinin normal düzeylerden fazla olduğu ve bölgenin bu elementlerce de kirlenmiş olabileceği söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Belirtgen bitki, Biyojeokimyasal anomali, Cu-Mn-Zn-Cd-Pb, Çevresel ortam, Kazanlı-Mersin.

**ABSTRACT**

*In the area of Kazanlı in Mersin, greenhouse cultivation and citrus production have been intensively done. There are several pollutant elements used for agriculture in these lands. Due to the petroleum filling plants, factories and especially chromium mining, Kazanlı-Mersin Region has been exposed to the wastes including toxic elements such as Cu, Zn, Mn, Cd and Pb for the last 25 years. The pollution in the area can be observed as soil, plant, air, ground water, surface water and seawater pollutions. The aim of this study is to investigate the biogeochemical anomalies and interpretation of the environmental conditions. Samples of 19 plants types (16 natural, 3 plantation type), soil and water (stream, sea, wells) in the study area were systematically collected. The samples were analyzed for their Cu, Mn, Zn, Cd, Pb contents using Atomic Absorption Spectrometer (AAS). The results of chemical analyses of the soil and plant samples have been evaluated statically for 5 elements and a linear relationship between plant and soil has been determined for 3 elements. Leaves and twigs of Melilotus sp., leaves of Alhagi camelorum, leaves and twigs of Xanthium strumarium for Cu, leaves of Vicetoxicum parviflorum, leaves of Melilotus sp., leaves and twigs of Alhagi camelorum, leaves of Salsola kali, leaves of Arundo donax, leaves and twigs of Xanthium strumarium, leaves of Eucalyptus grandis for Mn, leaves of Melilotus sp., twigs of Pancratium and leaves and twigs of Arundo donax for Zn have been determined as indicator plants. Linear relationship between plant types and soil for the element levels of Pb and Cd is obtained. Element contents of plant and soil are above the normal levels for Mn and Zn. In this respect, plant and soil can be considered as polluted with these heavy metals in Kazanlı- Mersin area.*

**Key Words:** *Indicator plant, Biogeochemical anomaly, Cu-Mn-Zn-Cd-Pb, Environmental condition, Kazanlı- Mersin.*

**GİRİŞ**

Bitkiler toprakta ve yeraltı sularında çözünmüş elementleri bünyelerine alarak beslenirler. Bu nedenle bitki besin suyu, köklerin kapsamış olduğu geniş bir sahadaki toprak ve yeraltı suyunu yansıtır.

Cevherleşme zonlarında gelişen topraklar, cevher minerallerince oldukça zengindir. Bu topraklarda büyüyen bitkiler cevher elementince temiz topraklarda büyüyen bitkilere oranla bu elementlerden daha fazla etkilenerek ortama uyum sağlayarak yaşarlar ya da ölürlür. Yaşayabilen bitki türleri adeta sığ sondaj yapar

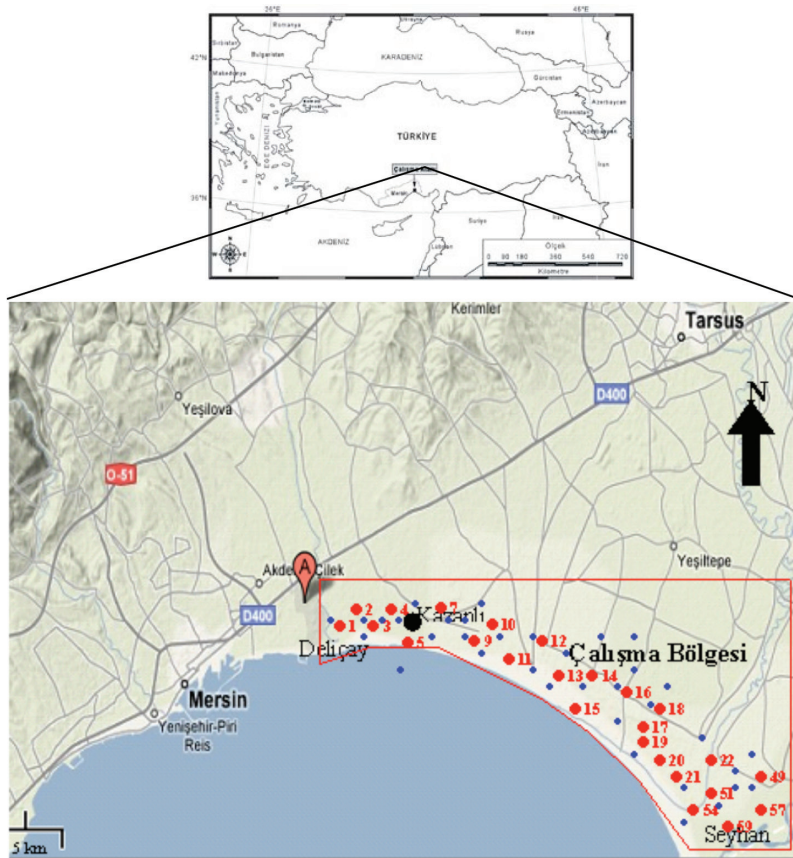
gibi yer altından bilgi getirirler. Bünyesinde biriktirdiği element çeşitliliğine ve miktarına göre de değişimlere uğrayabilirler. Araziden sistematik olarak toplanan bitki örneklerinin değişik organlarında kimyasal analizler yapılarak cevher aranmasına biyojeokimyasal prospeksiyon denirken, bitki türlerinin morfolojik ve fizyolojik özelliklerindeki ve dağılımlarındaki değişimlerin, gözlemlere dayalı olarak incelenmesiyle maden aranmasına jeobotanik prospeksiyon denilmektedir (Rose vd., 1979; Köksoy, 1991; Brooks vd.,1995; Dunn, 2007).

Biojeokimyasal prospeksiyonun başarılı bir biçimde uygulanması, toprakta cevherleşmeye ait element derişimi ile bitkideki element derişimi arasında doğrusal bir ilişkinin olmasına bağlıdır. Bu ilişkiyi sağlayan bitkiler, topraktaki element seviyesini belirtme özelliğine sahiptirler ve bu bitkilere belirtgen bitkiler denilmektedir (Köksoy, 1991).

Yaklaşık 60 yıldan beri biyolojik örneklerde kimyasal analiz yoluyla biojeokimyasal prospeksiyon yapılmaktadır. Son yıllarda belirtgen bitki türleri maden yataklarının saptanmasının yanı sıra, çevresel ortamın ve ortamdaki metal kirliliğinin belirlenmesinde de

kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, ortamdaki element kirliliğinin giderilmesi için o ortamda belirtgen bitkiler yetiştirilmektedir. Çoğunlukla biojeokimyasal prospeksiyonla; Au başta olmak üzere Cu, Zn, Fe, Mn, Co, Pt, Ag, U, B ve Ni gibi pek çok elementi içeren maden yataklarının saptanması için belirtgen bitkiler bulunmuştur (Brooks vd., 1995; Robinon vd., 1997; Özdemir ve Sağiroğlu, 1999; Özdemir ve Sağiroğlu, 2000a; Özdemir ve Sağiroğlu, 2000b; Özdemir, 2003; Akıncı, 2003; Dunn, 2007; Ragnarsdottir, 2006; Demir ve Özdemir, 2008; Anjos vd., 2012).

Bu çalışma kapsamında Mersin-Kazanlı bölgesinden (Şekil 1) sistematik olarak 19



Şekil 1. Çalışma bölgesinin yer bulduru haritası.  
Figure 1. Location map of the study area.

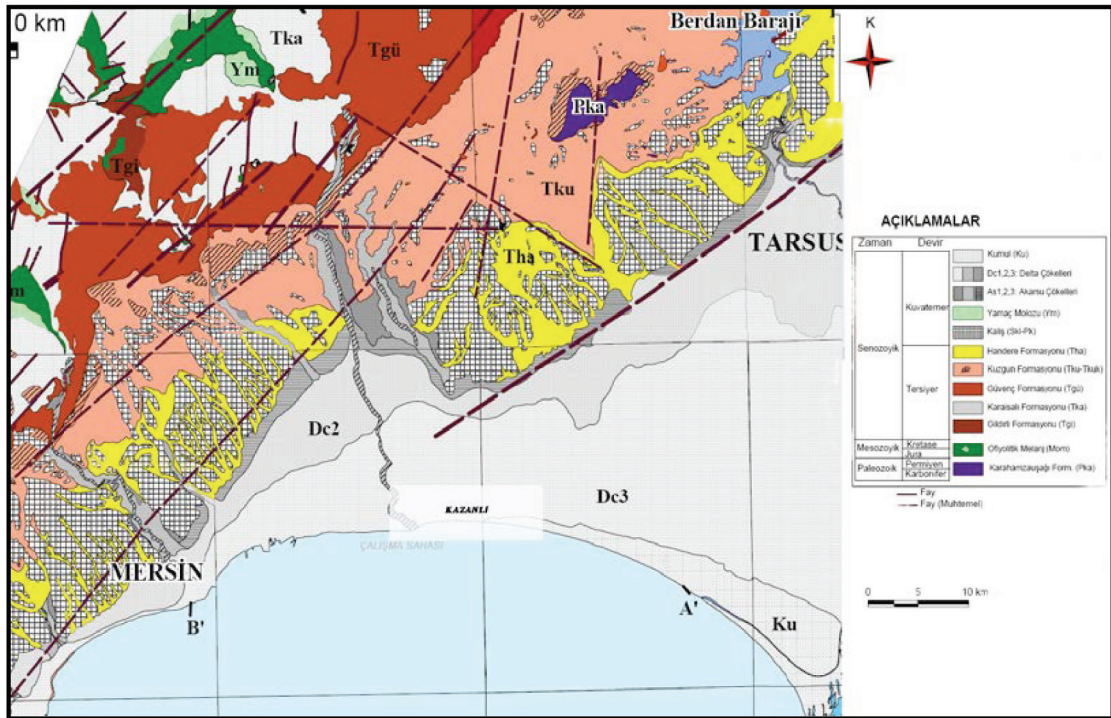
bitki türü (16 doğal, 3 plantasyon bitki türü) ile birlikte bitkilerin yetiştikleri topraklarından ve çalışma alanında mevcut sulardan (az sayıda kuyu, deniz, dere suyu) bitki, toprak ve su örnekleri toplanmıştır. Alınan bitki, toprak ve su örneklerinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb düzeyleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile analiz edilmiştir. Örneklerde yapılan kimyasal analiz sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda bitki-toprak arasında doğrusal ilişkiler incelenerek belirtgen bitkiler saptanmaya çalışılmıştır.

### ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Çalışma alanı Mersin'in doğusunda bulunan Kazanlı bölgesi içerisinde yaklaşık 50 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. Mersin ve çevresi

drenaj alanında yeralan jeolojik birimler, Toros Dağ oluşum Kuşağının Ecemiş Fayı güneydoğu kesiminde yer alır ve bu kuşağın jeolojik özelliklerini taşır.

Alttan üste doğru Palaeozoyik yaşlı metamorfikler (mermer, şist, kuvarsit), Üst Kretase döneminde bölgeye yerleşen ofiyolitik melanaj, Oligosen-Miyosen-Pliyosen döneminde karasal, geçiş ve denizel ortam çökelleri (kireçtaşı-kumtaşı-kiltaşı-konglomera-marn-jips), Kuvaterner yaşlı karasal ve geçiş ortamı çökelleri ile morfolojik birimler bölgenin doğu ve güney kesimlerinde yaygın olarak görülmektedir. Birimlerin yaşlıdan gence yüzey yayılımları genel olarak kuzeyden güneye doğrudur. Bölgenin genelleştirilmiş jeoloji haritası ise Şekil 2'de gösterilmiştir (Şenol ve Duman, 1998).



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Şenol ve Duman, 1998).

Figure 2. Geological map of the study area (Şenol and Duman, 1998).



Bölgeyi temsil eden formasyonlar ve genel özellikleri tabandan yüzeye doğru aşağıdaki gibidir:

**Karahamzauşağı Formasyonu:** Bölgenin temelini oluşturan Paleozoik yaşlı, sığ-derin denizde çökelmiş ve daha sonra metamorfizmaya uğramış metamorfik kireçtaşları, mermer, kuvarsit, şist ve dolomitlerden oluşmaktadır. Yaklaşık kalınlığı 500 metredir. Düzenli bir tabakalanma gösteren formasyon güneydoğuya eğimlidir.

**Mersin Ofiyolitik Melanjı:** Mersin'in kuzeyinde genellikle derin vadilerde görülür. Gabro, harzburjit, dunit, diyabaz, radyolarit ve derin deniz sedimanlarının yanı sıra ofiyolitlerin yerleşimi sırasında havzaya taşınan Permilen, Jura, Kretase yaşlı kayaç bloklarını içermektedir. Bölgedeki ofiyolitlerde genellikle serpantinleşme hâkim olmuştur. Üst Kretase yaşlı olan Ofiyolitik Melanj, altındaki ve üstündeki birimlerle diskordandır. Kalınlığı 200 metre civarındadır.

**Gildirli Formasyonu:** Birbirleri ile yanal ve düşey geçişli, alt kesimlerde konglomera-kumtaşı birimi, orta kesimlerde silttaşı-kiltaşı birimi ve üst kesimlerde killi kireçtaşı-marn birimi şeklinde belirgin üç kaya biriminden oluşmuştur. Alt-Orta Miyosen yaşlı olan formasyon akarsu, göl, sığ deniz ve lagün ortamlarında çökelmiştir. Paleotopografyanın özelliklerine bağlı olarak kalınlık 1 ile 175 metre arasında değişmektedir.

**Karaisalı Formasyonu:** Beyaz, açık gri renkli, killi, erime boşluklu, yer yer iyi katmanlı resifal kireçtaşlarından oluşmuştur. Alt-Orta Miyosen boyunca bölgede hüküm süren kıyı ortamında (karbonatlı kıyı/resif) çökelmiştir. Formasyon Miyosen öncesi birimler üzerine uyumsuz, Gildirli Formasyonu üzerine ise geçişli ve transgresif olarak gelmektedir. Formasyon

üzerine Güvenç Formasyonu geçişli olarak gelmektedir. Kalınlığı, aşınma koşullarına bağlı olarak değişim göstermekte ve yayılımlarında düzensizlik görülmektedir.

**Güvenç Formasyonu:** Yeşilimsi-gri, gri, beyazımsı-sarı renklerde olan, alt bölümde killi kireçtaşı-marn, üst bölümlerde kilttaşı-silttaşı birimlerinin egemen olduğu çökellerden oluşmuştur. Resif önü sığ deniz-derin deniz ortamlarında çökeldiği söylenebilir. Alt dokanağında yanal ve dikey geçişli Karaisalı Formasyonu, üst dokanağında ise uyumlu ve girik olarak Kuzgun Formasyonu bulunmaktadır. Miyosenin Langiyen-Sarravaliyen-Tortoniyen katlarını temsil eden formasyonun kalınlığı 50 ile 600 metre arasında değişmektedir.

**Kuzgun Formasyonu:** Sarımsı beyaz, yeşilimsi, siyahımsı gri renklerdeki formasyon, kumtaşı-konglomera-resifal kireçtaşı, tüfit, kilttaşı-marn-silttaşı olmak üzere belirgin üç birimden oluşmuştur. Miyosen'in Tortoniyen, Messiniyen katlarını temsil eden formasyon kıyı-sığ deniz, derin deniz ortamlarında çökelmiş olup kalınlığı 50-1500 metre arasındadır. Alttaki formasyonlar üzerine uyumlu ve geçişli olarak gelir. Üst dokanağında ise Handere Formasyonu uyumlu ve geçişli olarak bulunmaktadır.

**Handere Formasyonu:** Beyazımsı, sarımsı, yeşilimsi gri ve siyahımsı gri renkli olan; kilttaşı-marn-silttaşı, fosilli oolitik kireçtaşı, alçıttaşı (Jips) ve kumtaşı-konglomera olmak üzere belirgin dört birimden oluşmuştur. Kuzgun formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Kalınlığı 50-500 metre arasında olup, kurak-sıcak iklimler ile sık sık değişen küçük ölçekli transgresyon ve regresyonlar sonucu oluşan sığ deniz, geçiş (kıyı, lagün, delta, gelgit) ve akarsu ortamlarında çökelmiştir.

**Kuvaterner Birimleri:** Karasal ve geçiş ortamı koşullarının hüküm sürdüğü Kuvaterner döneminde oluşan birimler farklı fasiyes özellikleri göstermektedir. Kalabriyen-Siciliyen zamanında oluşan birimler (alüvyon yelpazesi çökelleri/yüksek seki konglomeraları, kıyı çökelleri ve kaliş ) ve Tirreniyen-güncel oluşan birimler (yamaç molozları, akarsu seki konglomeraları, delta çökelleri, kıyı çökelleri, kumul ve pedolojik oluşumlar) olarak ayrılmıştır (Şenol ve Duman, 1998).

## MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma kapsamında önceden belirlenen 50 istasyondan sistematik olarak bitki, toprak ve su örnekleri alınmış, GPS cihazı yardımı ile alınan koordinatlar, 1/25.000 ölçekli jeolojik harita üzerine işlenmiştir. Sistematik olarak 19 bitki türü için 130 bitki örnekleme, bitkilerin yetiştiği topraklardan toprak örnekleme ve bölgedeki mevcut sulardan (dere, deniz, sondaj kuyularından yeraltı suyu) su örnekleme yapılmıştır. Arazi çalışmasından alınan örnekler laboratuvara getirilmiş ve sistematik tanımlama amacıyla tüm bitki örneklerinden presleme yapılmıştır. Bitki örneklerinin bir yıllık, iki yıllık ve çok yıllık bitkiler oldukları saptanmıştır (Şekil 3). Bitki, toprak ve su örnekleri farklı örnek hazırlama yöntemleri ile analize hazırlanmıştır.

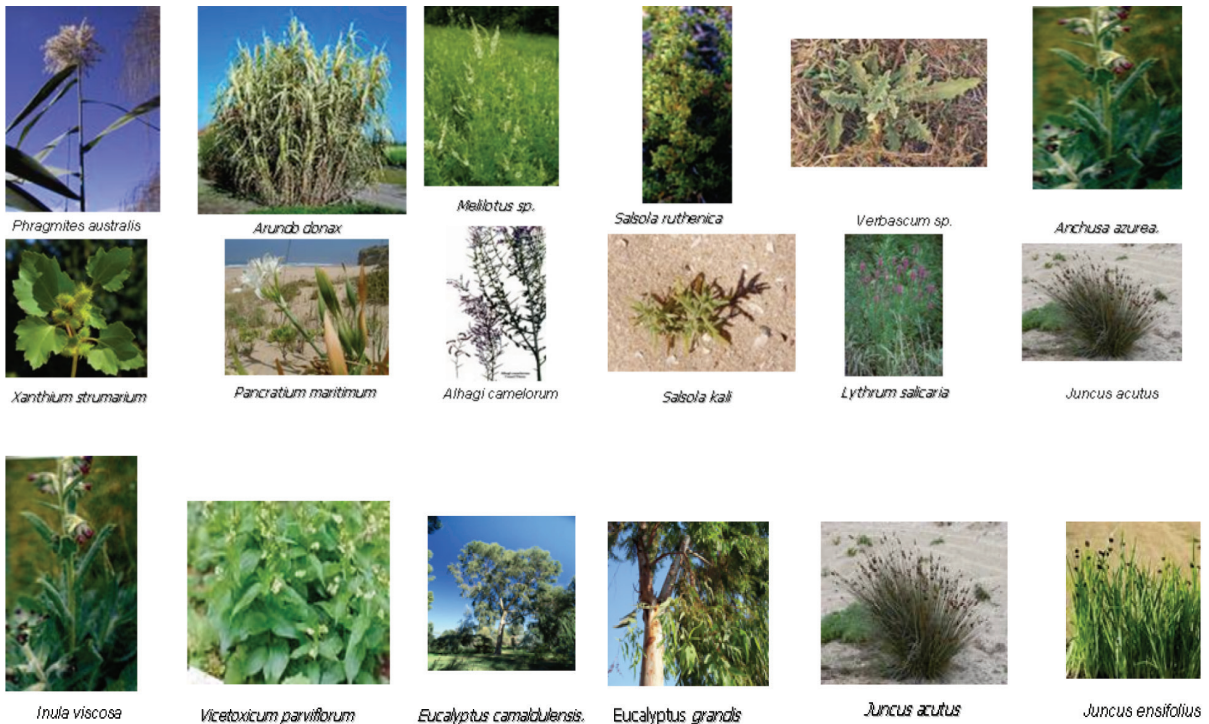
Bitki örnekleri, Benton ve Jones (1984) ile Dunn (2007) tarafından geliştirilen yonteme göre analize hazırlanmıştır. Yıkayıp saf sudan geçirilerek 80 °C kurutulmuş bitki örnekleri yaprak, dal ve çiçek gibi organlarına ayrılarak 3'er g tartılıp porselen krezeller içinde kül fırınında 50 °C/saat hızla 550 °C'ye kadar getirilmiş ve bu sıcaklıkta 10 saat bekletilmiştir. Elde edilen kül üzerine 5 ml derişik HCl eklenerek balon joje içerisinde deiyonize su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır.

Toprak örnekleri Brooks vd. (1992) ile Dunn (2007) tarafından uygulanan yöntemlere göre hazırlanmıştır. 80 °C etüvde kurutulup, 80 meşlik elekten geçen toprak örneklerinden 0.1'er g tartıldıktan sonra polietilen kaba konulmuş, üzerine 10 ml derişik HF+HNO<sub>3</sub> (1:1) karışımı eklendikten sonra buharlaştırılmış, örnekler üzerine 7 ml derişik HCl eklenmiş ve buharlaştırma işlemi tekrarlanmıştır. Elde edilen kalıntı 7ml derişik HCl'de çözüldükten sonra deiyonize su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır.

Bitki ve toprak örneklerinde Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb element düzeyleri atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (AAS-Perkin Elmer 3100 Model) ile okunmuştur. Su örneklerinde ise AAS'de doğrudan okuma yapılmıştır. Bitki örneklerinde sonuçlar kuru ağırlık üzerinden verilmiştir ve toprak-bitki arasındaki istatistiksel ilişki Schroll (1975)'e göre % 95 ve % 99 güvenilirlikle yorumlanmıştır.

FAMİLYA	BİTKİ TÜRÜ	TÜRKÇE YÖRESEL AD
<i>Poaceae sp.</i>	** <i>Phragmites australis</i>	Kamış, Saz
<i>Poaceae sp.</i>	** <i>Arundo donax</i>	Akdiken, Kargı kamışı
<i>Asteraceae sp.</i>	* <i>Xanthium strumarium</i>	Domuz pırtlağı, İri pıtrak
<i>Amoryllidaceae sp.</i>	* <i>Pancreatium maritimum</i>	Kum zambağı
<i>Fabacaceae</i>	**Genus: <i>Acacia</i>	Çit dikenini (Plantasyon)
<i>Fabacaceae</i>	*Genus: <i>Melilotus alba</i>	Sarı kokulu yonca
<i>Fabacaceae sp.</i>	** <i>Alhagi camelorum</i>	Deve dikenini
<i>Asteraceae sp.</i>	* <i>Inula viscosa</i>	Andız otu
<i>F.Ascleridaceae sp.</i>	* <i>Vicetoxicum parviflorum</i>	Panzehir otu
<i>Moraceae</i>	** <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Sıtma ağacı (Plantasyon)
<i>Moraceae</i>	** <i>Eucalyptus grandis</i>	Sıtma ağacı (Plantasyon)
<i>Juncaceae sp.</i>	* <i>Juncus acutus</i>	Sivri hasır otu
<i>Juncaceae sp.</i>	* <i>Juncus ensifolius</i>	Hasır otu
<i>Chenopodiaceae sp.</i>	* <i>Salsola ruthenica</i>	Soda otu
<i>Scrophulariaceae sp.</i>	*** <i>Verbascum sp.</i>	Sığır kuyruğu
<i>Chenopodiaceae sp.</i>	* <i>Salsola kali</i>	Soda otu
<i>Boraginaceae sp.</i>	*** <i>Anchusa azurea</i>	Sığır dili
<i>Lythraceae sp.</i>	* <i>Lythrum salicaria</i>	Kançiçeği, Litrum
<i>Asteraceae sp.</i>	* <i>Pulicaria dysenterica</i>	İri karnı yarık

\*. Tek yıllık bitki, \*\*:Çok yıllık bitki, \*\*\*:Bir ya da iki yıllık bitki



Şekil 3. Çalışma kapsamında araştırılan bitki türlerinin yöresel adları ve fotoğrafları.  
Figure 3. Local names and photos of the investigated plant species.

## BULGULAR

Mersin Kazanlı bölgesinde yapılan bu çalışma ile, bölgeden alınan örneklerde yapılan analizler sonucu element içerikleri açısından elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş; Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb elementleri için elde edilen verilerle biyojeokimyasal anomaliler ve çevresel ortamın yorumlanması elementlere göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

### Cu için Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Yorumlanması

Dokuz bitki türünde yapılan bakır elementi analizlerinde, 3 tür bitki (*Melilotus alba*, *Alhagi camelorum*, *Xanthium strumarium*) ile toprak örnekleri arasında element içerikleri açısından doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır.

*M. alba* bitkisinin yaprağında 9-16 ppm, dalında 4-16 ppm, üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde ise 13-63 ppm arasında değişen Cu konsantrasyonu değerleri saptanmıştır. Bitkinin yaprağı ile toprak ve dalı ile toprak arasında % 99 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 10$ ,  $r = 0.8614$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.01$ , yaprak ile toprak  $n = 16$ ,  $r = 0.8404$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.01$ , dal ile toprak) (Şekil 4 a ve b). Bu bitki türünün yaprağının ve dalının, Cu için belirtgen olabileceği söylenebilir.

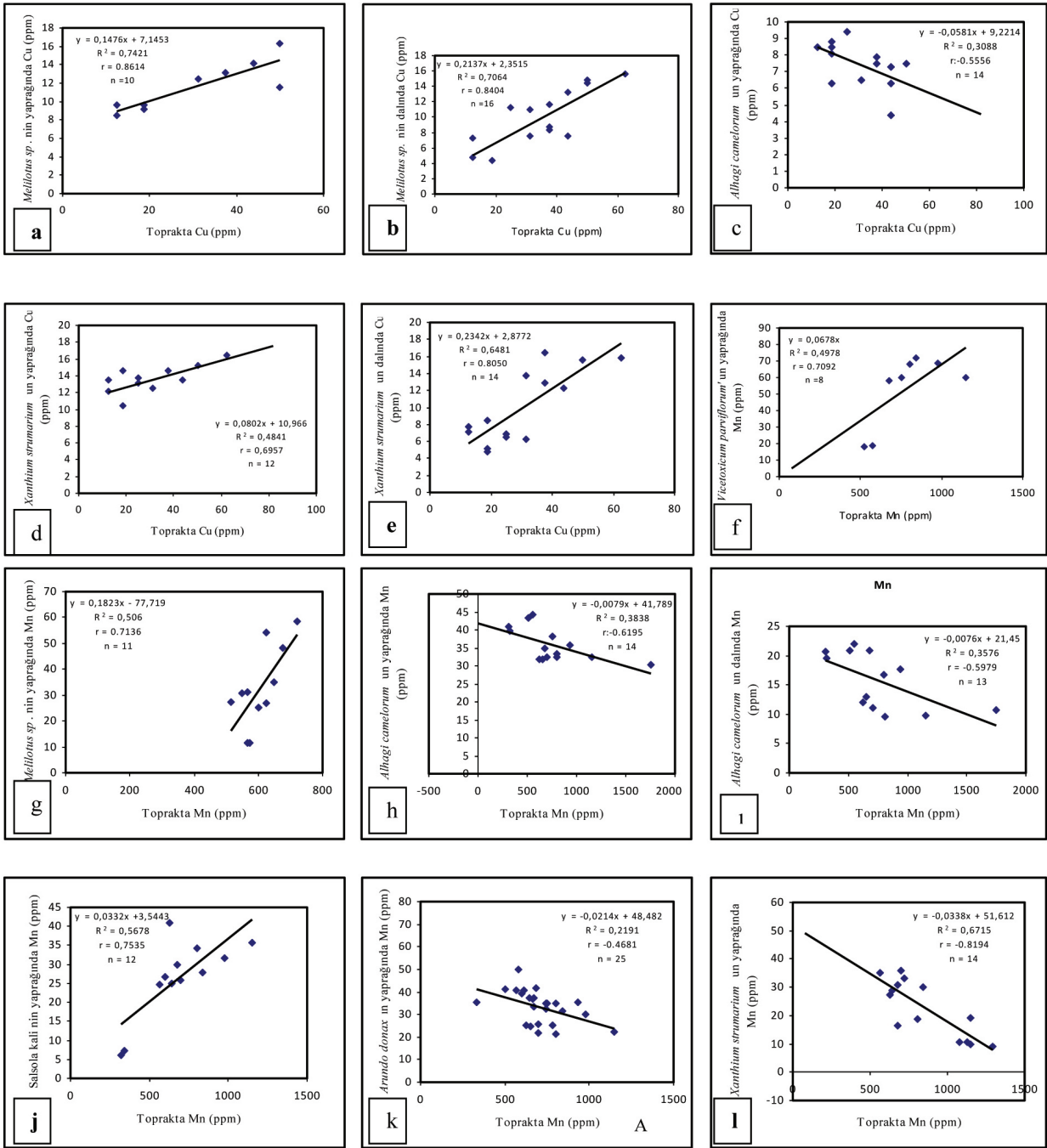
*A. camelorum* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde 13 ile 44 ppm arasında değişen Cu konsantrasyonu değerleri saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Cu konsantrasyonu 4 ile 10 ppm arasında değişirken,

bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 95 güvenilirlikle negatif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 14$ ,  $r = -0.5556$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.05$ ) (Şekil 4.c). Bu bitki türünün yaprağının Cu için belirtgen olabileceği söylenebilir.

*X. strumarium* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Cu konsantrasyonu için 13 ile 63 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Cu konsantrasyonu 10-17 ppm, dalında ise 5-17 ppm arasında değişmektedir. Bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 95 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 12$ ,  $r = 0.6957$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.05$ ) (Şekil 4.d). Bitkinin dalı ile toprak arasında % 99 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 14$ ,  $r = 0.8050$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.01$ ) (Şekil 4.e). Bu bitki türünün yaprağı ve dalının Cu için belirtgen olabileceği söylenebilir.

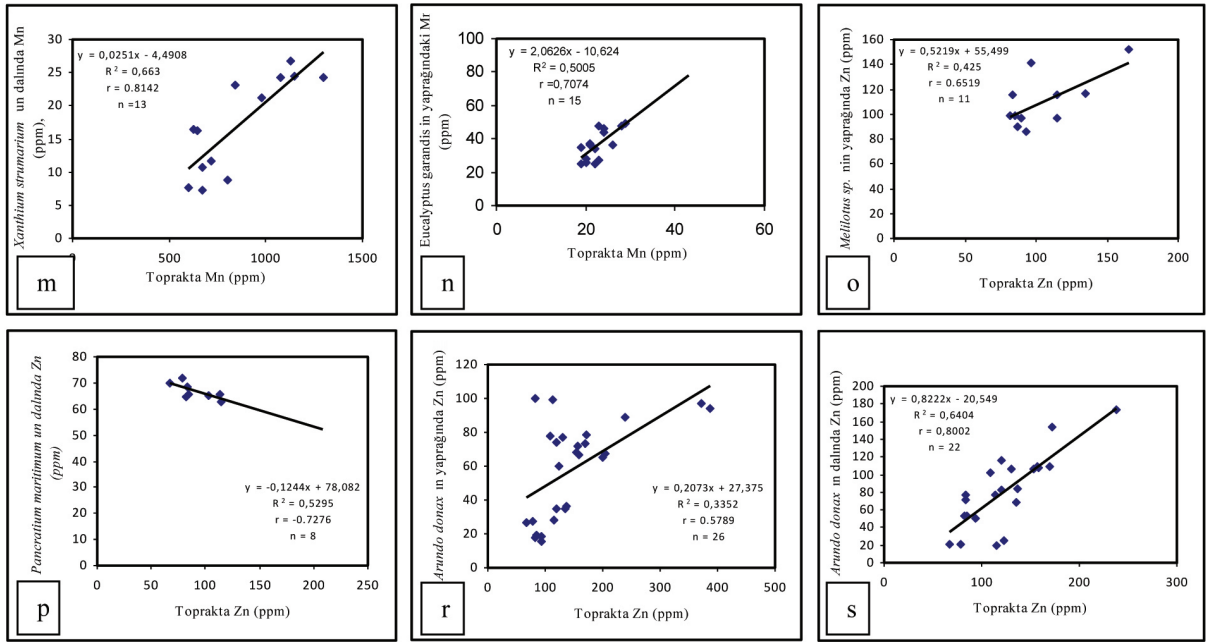
Çevresel ortamın belirlenmesinde Çizelge 1'de literatür verilerine ve bu çalışma ile belirlenen Cu değerlerine bakıldığında yeraltı sularında Cu seviyelerinin (literatürde 1-5 ppm) normal değerden biraz fazla (2-7 ppm) olduğu saptanmıştır. Toprak değerlerinin ise (literatürde normalde 1-20 ppm, toksik durumlarda 6646 ppm'e kadar çıkabildiği, bu çalışma ile en fazla 75 ppm, ortalama 30.9 ppm Cu saptanması) normalin üzerinde olması nedeniyle, alınan su ve toprak örneklerinin Cu açısından çok fazla kirli olmadığı normal değerlerin biraz üzerinde olduğu söylenebilir. Bitki için ise, literatürde bakırın normalde 1-17 ppm arasında olduğu, 17 ppm den sonra toksik etki yarattığı belirtilmektedir.





Şekil 4. Topraktaki element (Cu, Mn, Zn) konsantrasyonu ile bitki türündeki (dal, yaprak) element (Cu, Mn, Zn) konsantrasyonu arasındaki ilişki.

Figure 4. Cu, Mn, Zn element relations between soil and plant types (twigs, leaves).



Şekil 4. Devam ediyor.

Figure 4. Continues.

Çizelge 1'e bakıldığında belirtgen bitki olarak seçilen bitkilerde en fazla 17 ppm Cu olduğu ve toksik düzey sınırında olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, bölgenin Cu elementi açısından normal düzeyin üst sınırında veya eşik seviyede olduğu, anomali değer taşımadığı söylenebilir. Toprakta fazla miktarda Cu olduğunda, *M. alba*, *A. camelorum*, *X. strumarium* bitki türlerinin Cu için belirtgen olacağı, Cu içeren maden yataklarının araştırılmasının yanı sıra topraktaki kirliliğin araştırılmasında da kullanılabileceği söylenebilir. Ayrıca bu bitki türlerinin ekimi yapılarak, bakırla kirlenmiş toprakların temizlenmesi de mümkün olabilir.

### Mn için Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Yorumlanması

7 tür (*Vicetoxicum parviflorum*, *Salsola kali*, *Arundo donax*, *Eucalyptus grandis*, *X. strumarium*, *M. alba*, *A. camelorum*) bitki ile toprak örnekleri arasında yapılan incelemeler sonucunda mangan içeriği açısından doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır.

*V. parviflorum* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Mn konsantrasyonu için 525 ile 1150 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Mn konsantrasyonu 18 ile 72 ppm

Çizelge 1. Cu için literatürden ve çalışmadan elde edilen, çeşitli ortamlardaki (bitki, toprak ve su) element içerikleri (ppm olarak).

Table 1. Cu contents (in ppm) of various geological materials (plant, soil, water) compiled from literature and this study.

Kaynak	Literatürde Cu			Bu çalışmada Cu			
	Bitki	Toprak	Su	Belirtgen Bitkiler	Ort. değer	Aralık	
Özdemir, 2003	6-33	18-2355		<i>Melilotus alba</i>	Yaprak	12	9-16
Özdemir, 2003	4-468 (*)	146-5688 (*)			Dal	9	4-16
Tuna vd., 2005	15-685 (*)	15-6647 (*)	0.02 2,6		Toprak		13-63
Özmen ve Koç, 2006	5-18 (*)	-		<i>Alhagi camelorum</i>	Yaprak	7	4-10
Chapman, 1966	5-19	-			Toprak		13-44
Laatsch ve Zech, 1967	2-8	-		<i>Xanthium strumarium</i>	Yaprak	13	10-17
Bouat, 1971	78 (*)	-			Dal	10	5-17
Kloke, 1980	-	100			Toprak		13-63
Hakerlerler ve Höfner, 1984	88-313	-		Bütün Örnekler İçin	Bitki	8	1-50
Mills ve Jones, 1996	6-9	-			Toprak	31	13-75
Özbek vd., 1993	4-90	2-40			Su	3	2-7
Alloway, 1995	-	2-100					
Chettri vd., 1997	-	100-800					
Özdemir ve Sağıroğlu, 2000a	16-780	62-1920					
Rademacher, 2001	4	-					
Aktaş, 2004	34-386	19-50					
Batista vd., 2007	7-11	28-62					
Batista vd., 2007	64-592 (*)	179-6138 (*)					
Demirezen ve Aksoy, 2004	1-25	-	3-5				
Turan vd., 2006	2-32 (*)	20-50 (*)					
Yurdakul, 1997	20-25 (*)	-					
Wang, 2006	5-43	-					
Manta vd., 2002	-	16-146					
Alaimo vd., 2000	2-38	-					
Njofang vd., 2008	59-290	34					
Njofang vd., 2008	-	2-250					
Kaçar ve Kankat, 2009	3-19	2-48		(*) toksik			

değerleri arasında değişmektedir. Schroll (1975)'e göre, bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 95 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 8$ ,  $r = 0.7092$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.05$ ) (Şekil 4.f). Bu bitki türünün yaprağının Mn için belirtgen olabileceği söylenebilir.

*M. alba* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Mn konsantrasyonu için 515 ile 1750 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Mn konsantrasyonu 12 ile 58 ppm arasında değişmektedir. Schroll (1975)'e göre, bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 95 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 11$ ,  $r = 0.7136$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.05$ ) (Şekil 4.g). Bu bitki türünün yaprağının Mn için belirtgen olabileceği söylenebilir.

*A. camelorum* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Mn konsantrasyonu için 310 ile 1750 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Mn konsantrasyonu, bitkinin yaprağında 30-44 ppm, dalında ise 10–21 ppm arasında değişmektedir. Schroll (1975)'e göre bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 95 güvenilirlikle negatif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 14$ ,  $r = -0.6195$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.05$ ) (Şekil 4.h). Bitkinin dalı ile toprak arasında ise Schroll (1975)'e göre % 99 güvenilirlikle negatif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 13$ ,  $r = -0.5979$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.01$ ) (Şekil 4.i). Bu bitki türünün yaprağı ve dalının Mn için belirtgen olabileceği söylenebilir.

*S. kali* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Mn konsantrasyonu için 320 ile 1150 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Mn konsantrasyonu 6 ile 41 ppm arasında değişmektedir. Schroll (1975)'e göre

bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 99 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 12$ ,  $r = 0.7535$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.01$ ) (Şekil 4.j). Bu bitki türünün yaprağının Mn için belirtgen olabileceği söylenebilir.

*A. donax* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Mn konsantrasyonu için 295 ile 1150 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Mn konsantrasyonu 21 ile 50 ppm arasında değişmektedir. Schroll (1975)'e göre bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 95 güvenilirlikle negatif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 25$ ,  $r = -0.4681$   $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.05$ ) (Şekil 4.k). Bu bitki türünün yaprağının Mn için belirtgen olabileceği söylenebilir.

*X. strumarium* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Mn konsantrasyonu için 565 ile 1150 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Mn konsantrasyonu 9 ile 36 ppm, dalında ise 7 ile 27 ppm arasında değişmektedir. Schroll (1975)'e göre bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 99 güvenilirlikle negatif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 14$ ,  $r = -0.8194$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.01$ ) (Şekil 4.l). Bitkinin dalı ile toprak arasında ise Schroll (1975)'e göre % 99 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 13$ ,  $r = 0.8142$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.01$ ) (Şekil 4.m). Bu bitki türünün yaprağının ve dalının Mn için belirtgen olabileceği söylenebilir.

*E. grandis* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Mn konsantrasyonu için 19 ile 29 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Mn konsantrasyonu 25 ile 49 ppm arasında değişmektedir. Schroll (1975)'e göre bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 99



güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır ( $n = 15, r = 0.7074$  r deneysel  $> r$  teorik,  $P < 0.01$ ) (Şekil 4.n). Bu bitki türünün yaprağının Mn için belirtgen olabileceği söylenebilir.

Çevresel ortamın belirlenmesinde Çizelge 2’de verilen literatür ve bu çalışma ile belirlenen Mn değerlerine bakıldığında yeraltı sularında Mn seviyelerinin (literatürde 3-5 ppm) normal değerden fazla (1-9 ppm, ortalama 3 ppm) olmadığı, bölgedeki toprağın ise Mn değerleri açısından (literatürde 20-800 ppm, toksik

durumlarda 10.000 ppm’e kadar çıkabildiği ve bu çalışma ile en fazla 1750 ppm, ortalama 685 ppm Mn saptanması) kirli olmadığı normal değerlerde olduğu söylenebilir. Bitki için ise, literatürde manganın normalde 2 ile 160 ppm arasında olduğu, 160 ppm’den sonra toksik etki yarattığı (bazı durumlarda 1.000 ppm’in üzerine çıkabildiği) belirtilmektedir. Çizelge 2’ye bakıldığında belirtgen bitki olarak seçilen bitkilerde en fazla 72 ppm Mn olduğu ve bu bitkilerde Mn’nin normal düzeyde olduğu söylenebilir.

Çizelge 2. Mn için literatürden ve çalışmadan elde edilen, çeşitli ortamlardaki (bitki, toprak ve su) element içerikleri (ppm olarak).

Table 2. Mn contents (in ppm) of various geological materials (plant, soil, water) compiled from literature and this study.

Literatürde Mn				Bu çalışmada Mn			
Kaynak	Bitki	Toprak	Su	Belirtgen Bitkiler	Ort. Değer	Aralık	
Nagaraju ve Karimulla, 2002	134–1940	141–230		<i>Vicetoxicum parviflorum</i>	Yaprak	29.4	18–72
Özdemir, 2003	14–94	119–2783			Toprak	-	525–1150
Özdemir, 2003	6–164 (*)	119–2783(*)		<i>Melilotus alba</i>	Yaprak	36	12–58
Tuna vd., 2005	42	487- 544			Toprak	-	515–1750
Özmen ve Koç, 2006	132–338 (*)	-		<i>Alhagi camelorum</i>	Yaprak	16	30–44
Laatsch ve Zech, 1967	35–58	-			Dal	26.3	10–21
Bouat, 1971	5–36	-			Toprak	-	310–1750
Pendias ve Pendias, 1984	-	1500–3000		<i>Salsola kali</i>	Yaprak	33	6–41
Çepel ve Dündar, 1978	50–69	-			Toprak	-	320–1150
Normandin vd., 1999	20–500	500–900		<i>Arundo donax</i>	Yaprak	23	21–50
Batista vd., 2007	558- 1212	34–400			Toprak	-	295–1150
Batista vd., 2007	213- 1233 (*)	403–3195(*)		<i>Xanthium strumarium</i>	Yaprak	23	9–36
Demirezen ve Aksoy, 2006	-	50–500	3–5		Dal	17	7–27
Turan vd., 2006	1- 7	20–61 (*)			Toprak	-	565–1150
Ghaderian ve Baker, 2007	11–239	700–810		<i>Eucalyptus grandis</i>	Yaprak	36	25–49
Wang, 2006	24.2–170	-			Toprak	-	19–29
Manta vd., 2002	-	286–750		Bütün Örnekler İçin	Bitki	31	5–175
Alaimo vd., 2000	5- 81	-			Toprak	685	11–1750
Njofang vd., 2008	48–516	767			Su	3	1–9
Njofang vd., 2008Kaçar ve İnal, 2009	-1-2262	20–10000-		(*) toksik			
Kaçar ve İnal, 2009	1-2262	-					

Sonuç olarak bölgenin Mn elementi açısından normal düzeylerde olduğu, anomali değer taşımadığı söylenebilir. Toprakta fazla miktarda Mn olduğunda, *V. parviflorum*, *M. alba*, *A. camelorum*, *S. kali*, *A. donax*, *X. strumarium*, *E. grandis* bitki türlerinin Mn için belirtgen olacağı, Mn içeren maden yataklarının araştırılmasının yanı sıra topraktaki kirliliğin araştırılmasında da kullanılabilmesi önerilebilir. Ayrıca bu bitki türlerinin ekimi yapılarak, mangan açısından kirlenmiş toprakların temizlenmesi söylenebilir.

#### **Zn için Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Yorumlanması**

Dokuz bitki türünde yapılan çinko elementi analizlerinde, 3 tür bitki (*M. alba*, *Pancreatium maritimum*, *A. donax*) ile toprak örnekleri arasında element içerikleri açısından doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır.

*M. alba* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Zn konsantrasyonu için 565 ile 1750 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Zn konsantrasyonu 86 ile 152 ppm arasında değişmektedir. Bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 95 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır (  $n = 11$ ,  $r = 0.6519$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.05$  ) (Şekil 4.o). Bu bitki türünün yaprağının Zn için belirtgen olabileceği söylenebilir.

*P. maritimum* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Zn konsantrasyonu için 103 ile 1150 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin dalında Zn konsantrasyonu 63 ile 72 ppm arasında değişmektedir. Bitkinin dalı ile toprak arasında % 95 güvenilirlikle negatif korelasyon bulunmaktadır (  $n = 8$ ,  $r =$

$-0.7276$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.05$  ) (Şekil 4.p). Bu bitki türünün dalının Zn için belirtgen olabileceği söylenebilir.

*A. donax* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Zn konsantrasyonu için 170 ile 1150 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Zn konsantrasyonu 16 ile 100 ppm, dalında ise 20 ile 173 ppm arasında değişmektedir. Bitkinin yaprağı ile toprak arasında % 99 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır (  $n = 26$ ,  $r = 0.5789$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.01$  ) (Şekil 4.r). Bitkinin dalı ile toprak arasında % 99 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunmaktadır (  $n = 22$ ,  $r = 0.8002$ ,  $r$  deneysel  $>$   $r$  teorik,  $P < 0.01$  ) (Şekil 4.s). Bu bitki türünün yaprağı ve dalının Zn için belirtgen olabileceği söylenebilir.

Çevresel ortamın belirlenmesinde Çizelge 3'te verilen literatür ve bu çalışma ile belirlenen Zn değerlerine bakıldığında yeraltı sularında Zn seviyelerinin normal düzeyin üzerinde olduğu (literatürde 15 ppm TS266, bu çalışmada 5-64 ppm), toprak değerlerinin ise (literatürde 5-70 ppm, toksik durumlarda 5.645 ppm'e kadar çıkabildiği, bu çalışma ile ortalama 113 ppm ve 1750 ppm'e kadar varan Zn saptanması) normalin üzerinde olması nedeniyle, bölgedeki toprağın Zn açısından kirli olduğu söylenebilir. Bitki için ise, literatürde, çinkonun normalde 2 ile 100 ppm arasında olduğu, 150 ppm'den sonra toksik etki yarattığı belirtilmektedir. Çizelge 3'e bakıldığında, belirtgen bitki olarak seçilen bitkilerde en fazla 173 ppm, ortalama ise 80 ppm Zn olduğu ve normal düzeyin üzerinde olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak bölgenin Zn elementi açısından normal düzeylerin üzerinde olduğu, anomali değer taşıdığı söylenebilir. *M. alba*,

Çizelge 3. Zn İçin literatürden ve çalışmadan elde edilen, çeşitli ortamlardaki (bitki, toprak ve su) element içerikleri (ppm olarak).

Table 3. Zn contents (in ppm) of various geologic materials (plant, soil, water) compiled from literature and this study.

Literatürde Zn			Bu çalışmada Zn			
Kaynak	Bitki	Toprak	Belirtgen Bitkiler		Ort. Değer	Arahk
Özdemir, 2005	18–156 (*)	80–5915	<i>Melilotus alba</i>	Yaprak	110	86–152
Özdemir, 2005	7–896 (*)	63–9908 (*)		Toprak		565–1750
Akçay vd., 1998	3–1244 (*)	5–948	<i>Panacratium maritimum</i>	Dal	67	63–72
Gedik, 2005	68–1245 (*)	42–171		Toprak		103–1150
Tuna vd., 2005	22	76–87	<i>Arundo donax</i>	Yaprak	59	16–100
Özmen ve Koç, 2006	100	-		Dal	81	20–173
Kloke, 1980	-	300		Toprak		170–1150
Pendias ve Pendias, 1984	-	70–400	Bütün Örnekler İçin	Bitki	80	11–192
Mills ve Jones, 1996	59–66	-		Toprak	113	3–1750
Özbek vd., 1993	5–100	10–80		Su	15	5- 64
Alloway, 1995	25–150 (*)	10–300	Literatürde (TS266)	Su	15	
Rademacher, 2001	40	-				
Batista vd., 2007	12- 20	32- 59				
Batista vd., 2007	54- 177 (*)	78–607 (*)				
Demirezen ve Aksoy, 2004	-	5–70 (*)				
Turan vd., 2006	2- 35	77- 1443				
Yurdakul, İ., 1997	119- 272 (*)	-				
Wang, 2006	4- 70	-				
Manta vd., 2002	59- 516 (*)	-				
Alaimo vd., 2000	11- 60	-				
Njofang vd., 2008	138–1197 (*)	90				
Njofang vd., 2008	-	1–900				
Kacar ve İnal, 2009	6-83	-	(*) toksik			

Demir, Özdemir

*P. maritimum*, *A. donax* bitki türlerinin Zn için belirtgen olacağı, Zn içeren maden yataklarının araştırılmasının yanı sıra topraktaki kirliliğin araştırılmasında da kullanılabilirdiği önerilebilir. Ayrıca bu bitki türlerinin ekimi yapılarak, çinko açısından kirlenmiş toprakların temizlenmesi söylenebilir.

### Pb ve Cd için Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi ve Çevresel Ortamın Yorumlanması

Çalışma bölgesinde araştırılan bitki türlerinde, Pb ve Cd için belirtgen bitki saptanamamıştır. Toprakta, Pb için normal

değerlerin üzerinde değerler elde edilirken, bitkilerde ise Cd ve Pb elementleri için bazı anomali değerler elde edilmiştir. Ancak bu değerler için, bitki ile toprak arasında istatistiksel olarak bir ilişki saptanamamıştır.

### Belirtgen Olarak Saptanan Bitki Türlerinin Topraktaki Diğer Elementlerle İlişkisi

Cu, Mn ve Zn elementleri için saptanan belirtgen bitkilerin belirttiği element düzeylerinin, toprakta bulunan diğer elementlerle (Cu, Mn, Zn, Fe, Cr, Cd, Pb, Ni ve Co) olan ilişkileri incelenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Belirtgen bitki olarak saptanan türlerin topraktaki diğer elementlerle (Cu, Mn, Zn, Fe, Cr, Cd, Pb, Ni ve Co) olan ilişkisi.

Table 4. Element (Cu, Mn, Zn, Fe, Cr, Cd, Pb, Ni and Co) relations between indicator plants and soil.

Belirtgen Bitkide Cu		Toprakta Element								
		Cu	Mn	Zn	Fe	Ni	Cr	Cd	Pb	Co
<i>Melilotus alba</i>	Yaprak	ÇÖ	ÖD	Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Melilotus alba</i>	Dal	ÇÖ	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Alhagi camelorum</i>	Yaprak	-Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Xanthium strumarium</i>	Yaprak	Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Xanthium strumarium</i>	Dal	ÇÖ	ÖD	ÖD	ÖD	ÇÖ	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
Belirtgen Bitkide Mn		Toprakta Element								
		Cu	Mn	Zn	Fe	Ni	Cr	Cd	Pb	Co
<i>Vicetoxicum parviflorum</i>	Yaprak	ÖD	Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Melilotus alba</i>	Yaprak	ÖD	Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Alhagi camelorum</i>	Yaprak	ÇÖ	-Ö	ÖD	-Ö	ÖD	-Ö	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Alhagi camelorum</i>	Dal	Ö	-ÇÖ	ÖD	-Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Xanthium strumarium</i>	Yaprak	ÖD	-ÇÖ	ÖD	-Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Xanthium strumarium</i>	Dal	ÖD	ÇÖ	ÖD	Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Salsola kali</i>	Yaprak	ÖD	ÇÖ	ÖD	ÇÖ	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Eucalyptus grandis</i>	Yaprak	ÖD	ÇÖ	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Arundo donax</i>	Yaprak	ÖD	-Ö	Ö	ÖD	ÖD	-Ö	ÖD	ÖD	ÖD
Belirtgen Bitkide Zn		Toprakta Element								
		Cu	Mn	Zn	Fe	Ni	Cr	Cd	Pb	Co
<i>Melilotus alba</i>	Yaprak	ÖD	ÖD	Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Pancreatium maritimum</i>	Dal	ÖD	ÖD	-Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Arundo donax</i>	Yaprak	ÖD	ÖD	ÇÖ	-Ö	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
<i>Arundo donax</i>	Dal	Ö	ÖD	ÇÖ	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

ÇÖ: Çok önemli (> % 99 güvenilirlikle, P < 0.01), -ÇÖ: Negatif ilişki çok önemli (> % 99 güvenilirlikle, P < 0.01), Ö: Önemli (> % 95 güvenilirlikle, P < 0.05), -Ö: Negatif ilişki önemli (> % 95 güvenilirlikle, P < 0.05), ÖD: Önemli değil (< % 95 güvenilirlikle, P > 0.05)



Bakır için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *M. alba* bitkisinin yaprağındaki Cu derişimi ile toprakta bulunan Zn derişimi arasında % 95 güvenilirlikle pozitif yönde bir ilişki bulunmaktadır ( $r = 0.7142$ ,  $n = 8$ ). Toprakta Zn elementinin bulunduğu durumlarda *M. alba* bitkisinin yaprağı, topraktaki Cu elementini bünyesine alabilmektedir. Bu bitki türünün bakırı bünyesine almasında topraktaki çinkonun belirleyici bir etkisi olduğu, toprakta Zn değerinin arttığı durumda bitki Cu elementini bünyesine bu artan oranda daha fazla alıp, özellikle yaprağında biriktirmektedir.

Bakır için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *X. strumarium* bitkisinin dalındaki Cu derişimi ile toprakta bulunan Ni derişimi arasında % 99 güvenilirlikle pozitif yönde bir ilişki bulunmaktadır ( $r = 0.7033$ ,  $n = 14$ ). Toprakta Ni elementinin bulunduğu durumlarda *M. alba* bitkisi Cu elementini bünyesine alabilmektedir. Bu bitki türünün bakırı bünyesine almasında topraktaki nikelin belirleyici bir etkisi olduğu söylenebilir.

Mangan için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *A. camelorum* bitkisinin yaprağı ile topraktaki Mn arasında negatif yönde, toprakta bulunan Cu derişimi ile arasında % 99 güvenilirlikle pozitif yönde bir ilişki ( $r = 0.6744$ ,  $n = 14$ ) bulunurken, toprakta bulunan Fe derişimi ile arasında % 95 güvenilirlikle negatif yönde, ( $r = -0.6606$ ,  $n = 14$ ) Cr derişimi ile ise arasında % 95 güvenilirlikle negatif yönde bir ilişki ( $r = -0.5679$ ,  $n = 14$ ) bulunmaktadır.

Mangan için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *A. camelorum* bitkisinin dalındaki Mn derişimi ile toprakta bulunan Cu derişimi arasında % 95 güvenilirlikle pozitif yönde bir ilişki ( $r = 0.5891$ ,  $n = 13$ ) bulunurken,

toprakta bulunan Fe derişimi ile arasında % 95 güvenilirlikle negatif yönde birilişki ( $r = -0.5937$ ,  $n = 13$ ) bulunmaktadır.

Mangan için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *X. strumarium* bitkisinin yaprağındaki Mn derişimi ile toprakta bulunan Fe derişimi arasında % 95 güvenilirlikle negatif yönde bir ilişki ( $r = -0.8194$ ,  $n = 14$ ) bulunmaktadır. Topraktaki Fe derişimi arttıkça, *X. strumarium* bitkisinin bünyesine aldığı mangan o oranda azalmaktadır.

Mangan için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *X. strumarium* bitkisinin dalındaki Mn derişimi ile toprakta bulunan Fe derişimi ile arasında % 95 güvenilirlikle pozitif yönde bir ilişki ( $r = 0.8142$ ,  $n = 13$ ) bulunmaktadır. Topraktaki Fe derişimi arttıkça *Xanthium strumarium* bitkisinin (dalında) bünyesine aldığı mangan da artmaktadır.

*X. strumarium* bitki türünün yaprağındaki mangan ile topraktaki Mn arasında negatif birilişki varken dalında pozitif bir ilişki gözlenmektedir. Aynı şekilde yaprağındaki Mn ile topraktaki Fe arasında azalan yönde doğrusal ilişki ( $r = -0.8194$ ,  $n = 14$ ) gözlenirken, dalındaki Mn ile toprağındaki Fe arasında artan yönde doğrusal ilişki ( $r = 0.8142$ ,  $n = 13$ ) gözlenmektedir.

Mangan için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *S. kali* bitkisinin yaprağındaki Mn derişimi ile toprakta bulunan Fe derişimi arasında % 99 güvenilirlikle doğrusal bir ilişki ( $r = 0.7945$ ,  $n = 12$ ) bulunmaktadır. Topraktaki Fe derişimi arttıkça *S. kali* bitkisinin bünyesine aldığı mangan da artmaktadır.

Mangan için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *A. donax* bitkisinin yaprağındaki Mn derişimi ile toprakta bulunan Zn derişimi arasında % 95 güvenilirlikle artan yönde doğrusal

bir ilişki ( $r = 0.4684$ ,  $n = 25$ ) bulunurken, toprakta bulunan Cr derişimi ile arasında % 95 güvenilirlikle azalan yönde doğrusal bir ilişki ( $r = -0.4249$ ,  $n = 25$ ) bulunmaktadır. Toprakta artan Zn derişimine karşı *A. donax* bitkisi bünyesine manganı doğrusal olarak alırken, toprakta artan Cr derişimi ile bitkinin içerdiği Mn arasında azalan yönde doğrusal bir ilişki bulunmaktadır.

Çinko için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *A. donax* bitkisinin yaprağındaki Zn derişimi ile toprakta bulunan Fe derişimi arasında % 95 güvenilirlikle azalan yönde doğrusal bir ilişki ( $r = -0.3895$ ,  $n = 26$ ) bulunmaktadır. Topraktaki Fe derişimi arttıkça *A. donax* bitkisinin bünyesine aldığı çinko miktarı azalmaktadır.

Çinko için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *A. donax* bitkisinin dalındaki Zn derişimi ile toprakta bulunan Cu derişimi arasında % 95 güvenilirlikle artan yönde doğrusal bir ilişki ( $r = 0.4286$ ,  $n = 26$ ) bulunmaktadır. Topraktaki Cu derişimi arttıkça *A. donax* bitkisinin bünyesine aldığı çinko da artmaktadır.

Ayrıca kuyu, deniz ve dere sularından alınan su örneklerinde Cu için 2-7 ppm, Mn için 1-9 ppm ve Zn için 5-64 ppm arasında değişen element düzeyleri saptanmıştı

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında Kazanlı-Mersin bölgesinden alınan örneklerde (Cu, Mn, Zn, Cd ve Pb) element düzeyleri araştırılmış ve Cu, Mn ve Zn için toprak-bitki arasında element içerikleri açısından doğrusal bir ilişki saptanmıştır.

Araştırılan 19 bitki türünden 8'inin (*Melilotus alba*, *Alhagi camelorum*, *Xanthium strumarium*, *Vicetoxicum parviflorum*, *Salsola kali*, *Arundo donax*, *Eucalyptus grandis*,

*Panocratium maritimum*) element düzeyleri açısından belirtgen bitki olabilecekleri önerilmiştir. Sırası ile:

1. Bakır elementi için; *M. alba* ve *X. strumarium* bitki türlerinin yapraklarının ve dallarının, *A. camelorum* bitki türünün ise yaprağının belirtgen olabileceği saptanmıştır.
2. Mangane elementini için; *V. parviflorum*, *M. alba*, *S. kali*, *A. donax* ve *E. grandis* bitki türlerinin yapraklarının, *A. camelorum* ve *X. strumarium* bitki türlerinin ise yapraklarının ve dallarının belirtgen olabileceği saptanmıştır.
3. Çinko elementi için; *M. alba* bitki türünün yaprağının, *P. maritimum* bitki türünün dalının ve *A. donax* bitki türünün yaprağının ve dalının belirtgen olabileceği saptanmıştır.
4. Cu, Mn ve Zn elementleri için saptanan belirtgen bitkilerin belirttiği element düzeylerinin toprakta bulunan diğer elementlerle (Cu, Mn, Zn, Fe, Cr, Cd, Pb, Ni ve Co) olan ilişkileri (inter element ilişkisi) incelenmiş ve tartışılmıştır.

Cu için belirtgen bitki olarak saptanan *M. alba* bitki türünün yaprağı ile toprakta bulunan Zn arasında önemli bir ilişkinin (% 95 güvenilirlikle,  $P < 0.05$ ) olduğu, bitkideki Cu değerinin, toprakta bulunan Zn'ye bağlı olabileceği söylenebilir.

Ayrıca Cu için belirtgen bitki olarak saptanan *X. strumarium* bitki türü ile toprakta bulunan Ni arasında çok önemli bir ilişki (% 99 güvenilirlikle,  $P < 0.01$ ) olduğu, bitkideki Cu değerinin, toprakta bulunan Ni'ye bağlı olabileceği söylenebilir.

Mangane için belirtgen bitki olarak saptanmış olan *A. camelorum* bitki türünün yaprağı ve dalı, *X. strumarium* bitki türünün yaprağı ile toprakta

Fe arasında azalan yönde bir ilişki olduğu saptanmış olup, topraktaki Fe'nin az olması durumunda bu bitki türlerinin Mn'yi bünyelerine fazla miktarda alabilecekleri söylenebilir.

Ayrıca *X. strumarium* bitkisinin dalı (% 95 güvenilirlikle,  $P < 0.05$ ) ve *S. kali'* bitkisinin yaprağında bulunan Fe (% 99 güvenilirlikle,  $P < 0.01$ ) ile topraklarında bulunan Fe içeriği arasında artan yönde bir ilişki saptanmıştır.

Toprakta Fe düzeyinin artması durumunda bu bitkilerin Mn'yi bünyelerine almasının artan bu yönde fazla olacağı söylenebilir. Bunun yanında toprakta Cr'nin fazla olması durumunda *A. camelorum* bitkisinin ve (% 95 güvenilirlikle,  $P < 0.05$ ) *A. Donax* bitkisinin yaprağının Mn'yi daha az miktarda bünyesine alabileceği söylenebilir.

Zn için belirtgen bitki olarak seçilen *A. donax* bitkisinin yaprağındaki Zn içeriği ile (% 95 güvenilirlikle,  $P < 0.05$ ) topraktaki Fe miktarı arasında azalan yönde bir ilişki, topraktaki Cu miktarı ile artan yönde bir ilişki olduğu (%95 güvenilirlikle,  $P < 0.05$ ) saptanmıştır. Bu bitki türünün Zn'yi bünyesine daha fazla alabilmesi için yetiştiği toprakta Fe nin az ve Cu nun fazla miktarda olması önemlidir.

5. Toprakta Cu, Mn ve Zn kirliliğinin olduğu bölgelerde, belirtgen bitki olarak seçilen bitki türlerinin yetiştirilmesi ile kirliliğin giderilebileceği söylenebilir. Özellikle *M. alba* bitki türünün üç element için belirtgen bitki olması, bu bitki türünün önemini arttırmaktadır. Ayrıca tüm belirtgen bitkilerin biyojeokimyasal prospeksiyonda da kullanılabilirliği söylenebilir.
6. Cd ve Pb için bölgede belirtgen bitki saptanamamıştır. Toprakta Pb için normal

değerin üzerinde değerler elde edilirken, bitkilerde Cd ve Pb elementleri için bazı anomali değerler elde edilmiştir. Ancak bitki-toprak arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki saptanamamıştır.

7. Bölgedeki bitkilerin alüvyon seviyeler üzerinde yetişmesi nedeniyle toprak yüzeyindeki ağır metallerin yağmur sularıyla derinlere indiği ve toprakta uzun süreli kalamadığı, bölgenin yeraltı sularının dikkatli olarak incelenmesi gerektiği, bu kirliliğin çok uzaklarda bile etkili olabileceği söylenebilir.
8. Cu, Mn ve Zn elementleri için belirtgen bitkiler saptanırken sadece Zn için saptanan belirtgen bitkilerde anomali düzeyler belirlenmiştir. Alınan örneklerde Zn için toksik düzeylerin saptanmasının nedeni olarak bu bölgede yoğun bir şekilde sürdürülen tarım faaliyetleri sırasında kullanılan ilaç ve gübreler ya da bölgedeki krom işletmesinin atıklarından kaynaklı olarak bölgedeki toprakların kirlenmiş olabileceği söylenebilir.
9. Bu çalışmada birçok element için belirtgen bitkinin bulunmasının nedeni, bölgede yıllardır yoğun bir şekilde süren seracılık ve narenciye faaliyetleri yanı sıra krom işletmesi, petrol dolum tesisleri ve fabrikaların yarattığı atıklardan kaynaklı, bölgedeki toprağın farklı birçok kaynak tarafından kirlenmiş olmasının bir sonucu olabilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen BAP-FBE JB

(ED) 2006-3 YL numaralıproje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmamıza destek veren Mersin Üniversitesi Araştırma Fonu'na ve bitkilerin sistematik tanımlamalarını yapan Prof. Dr. Bayram Yıldız'a (Balıkesir Üniversitesi) teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Akçay, M., Lermi, A., Van, A., 1998. Biogeochemical exploration for massive sulphide deposits in areas of dense vegetation: an orientation survey around the Kanköy deposit. *Journal of Geochemical Exploration*, 63, 173-187.
- Akıncı, T.Ö., 2003. Maden jeolojisi ve arama yöntemleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fak. Yayınları, Yayın No.33, Isparta, 146s.
- Aktaş, M., 2004. Bitkilerde beslenme bozuklukları ve tanımları. *Tarım Sanayi Bildiri Kitabı*, s:1118-1186, Tokat.
- Alaimo, M.G., Dongarra, G., Melati, M.R., Monna, F., Varrica, D., 2000. Recognition of environmental using pine needle a bioindicators, The urban area of Palermo (Italy). *Environmental Geology*, 39:914-924.
- Alloway, B. J., 1995. *Heavy Metals in Soil*. Blackie Academic and Professional, Second Edition, 368 s.
- Anjos, C., Magalhaes, M.C.F., Abreu, M.M., 2012. Metal (Al, Mn, Pb and Zn) soils extractable reagents for available fraction assesment: Comparison using plants, and dry and moist soils from the Braçal abandoned lead mine area. Portugal, *Journal of Geochemical Exploration*, 113,45-55.
- Batista, M.J., Abreu, M.M., Pinto, M.S., 2007. Biogeochemistry in Neves corvo mining region, Iberian pyrite belt, Portugal. *Journal of Geochemical Exploration*, 92 (2-3), 159-176.
- Benton, J., Jones, R., 1984. Developments in the measurement of trace metal in foods. *Analytical Food Contrum*, 157-206
- Bouat, A., 1971. Zeytin Fizyolojisi ve Yaprak Analizleri. *Zeytincilik Ens. Md., Bornova-İzmir*, 37-60.
- Brooks, R.R., Baker, A.J.M., Malaisse, F., 1992. Copper flowers national geographic. *Research and exploration*, 8(3), 338-351.
- Brooks, R.R., Dunn, C.E., Hall, G.E.M., 1995. *Biological system in mineral exploration and processing*. Elles Horwood Limited, 538 s.
- Chapman, H.D., 1966. *Diagnostic Criteria For Plants and Soils*. Univ. of California, Div. of agricult. Science, 663-665,
- Chettri, M.K., Sawidis, T., Karataglıs, S., 1997. Lichens as a Too for Biogeochemical Prospecting. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 38, 322-335.
- Çepel, D., Dündar, M., 1978. Bitki beslenmesi ile ilgili Araştırmalarda elverişli yaprak örneği alma zamanının belirlenmesi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B*, 28(2), 56-66.
- Demir E., Özdemir, Z., 2008. Kazanlı (Mersin) Bölgesinde Cr, Fe, Ni ve Co m çevresel etkisi ve bir Biyojeokimyasal Çalışma. *Mersin Sempozyumu Kitapçığı*, 146-159, Mersin
- Demirezen, D., Aksoy, A., 2004. Accumulation Of Heavy Metals İn Typha Angustifolia (L.) and Potamogeton Pectinatus (L.) Living İn Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). *Chemosphere*, 56, 685-696.
- Demirezen, D., Aksoy, A., 2006. Common hydrophyte a bioindicators of iron and manganese pollution. *Ecological Indicators*, 6, 388-393.
- Dunn, C., 2007. *Biogeochemistry in mineral exploration*. Consulting Geochemist, 480 s.
- Gedik, T., 2005. Madenköy (Niğde/Ulukışla) ve dolaylarının biyojeokimyasal Anomalilerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova*



- Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 113s.
- Ghaderian, S.M., Baker, A.J.M., 2007. Geobotanical and biogeochemical reconnaissance of the ultramafics of Central Iran, *Journal of Geochemical Exploration*, 92(1), 34-42.
- Hakerlerler, H., Höfner, W., 1984. Schwermetallbelastung von Olivenanlagen Durch Immissionen Einer Düngermittelfabrik. *Zf.F.Pflanzenernah. u. Bodenk*, 147(4), 526-529.
- Kacar, B., Kankat, A., 2009. Bitki Besleme, Nobel Yayını Yayın No:849/30.
- Kacar, B., İnal, A., 2009. Bitki Analizleri, Nobel Yayını Yayın No:1241/63,892s.
- Kloke, A., 1980. Orientierungsdaten für Tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturboden *Mitt. Vdlufa, H.*, 1(3), 9-11.
- Köksoy, M., 1991. Uygulamalı Jeokimya. Hacettepe Yayınları, Yayın No.64, Ankara, 368 s.
- Laatsch, W., Zech, W., 1967. Die Bedeutung der Beschattung für Unzurerchend Ernährte Nadelbaume *Anales de Adafologia. Agrobiologia*, 26, 691-702.
- Manta, D.S., Angelone, M., Bellance, A., Neri, R., Sprovieri, M., 2002. Heavy metals in urban soil: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. *The Science of the Total Environment*, 300, 229-243.
- Mills, A., Jones, J.B., 1996. *Plant Analysis Handbook II. Micro macro Pub. Athens, Georgia*.
- Nagaraju, A., Karimulla, S., 2002. Accumulation of elements in plants and soil in and around Nellore Mica Belt, Andhra Pradesh, India biogeochemical study. *Environmental Geology*, 41, 852-860.
- Njofang, C., Matschullant, J., Amougou, A., Tchouankoue, J.P., Heilmeyer, H., 2008. Soil and plant composition in the Noun river catchment basin, Western Cameron: a contribution to the development of a biochemical baseline. *Environmental Geology*, 56(7), 1427-1436.
- Normandin, L., Kennedy, G., Zayed, J., 1999. Potential Of Dandelion *Taraxacum Officinale* As A Bioindicator Of Manganese Arising From The Use Of Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl İn Unleaded Gasoline. *The Science of the Total Environment*, 239, 165-171.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H., 1993. Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana, 816s.
- Özdemir, Z., Sağıroğlu, A., 1999. Biogeochemical Manganese Anomalies Along the Maden Çayı Valley, Maden-Elazığ. *Geochemistry International*, 37(7), 673-677.
- Özdemir, Z., Sağıroğlu, A., 2000a. Biogeochemical Zinc Anomalies along the Maden Çayı Valley, Maden-Elazığ, Turkey. *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, 46, 218-222.
- Özdemir, Z., Sağıroğlu, A., 2000b. *Salix acmophylla* Boiss, *Tamarix smyrnensis* Bunge and *Phragmites australis* (cav) Trin. ex. Stuedel as biogeochemical indicators for copper deposits in Elazığ-Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 18, 595-601.
- 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.
- Özmen, Ö., Koç, Ş., 2006. Kaman (Kırşehir, Türkiye) Florit Cevherleşme Alanlarında *Thymus Siphyleus* Boiss Subsp. *Rosulans* (Borbas) ve *Bromus Sterilis* L. Poaceae (Gramineae) Türlerinde Florür ve İz Element Birikimi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 21(4), 729-735.

- Pendias, K.A., Pendias, H., 1984. Trace Elements in Soil and Plants. CRC Pres. Boca Raton.
- Rademacher, P., 2001. Atmospheric Heavy Metals and Forest Ecosystems. ICP Forest-Programme Coordinating Centre, UNIECE and EC, Geneva and Brussels Printed in Germany.
- Ragnarsdottir, K.V., Hawkins, D.P., 2006. Bioavailable copper and manganese in soils from Iceland and their relationship with scrapie occurrence in sheep, Journal of Geochemical Exploration, 88, 228-234.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E., Webb, J.S., 1979. Geochemistry in mineral Exploration (2nd ed.). Academic Press, New York, 657 s.
- Robinon, B.H., Brooks, R.R., Hoe, A.W., Kirkman, J.H., Gregg, P.E.H., 1997. The potential of the high-biomass nickel hyperaccumulator *Berkheya coddii* for phytoremediation on phytomining. Journal of Geochemical Exploration, 60, 115-126.
- Schroll, E. (Ed), 1975. Analytische Geochemie Enke Verl. Bd. I. Stuttgart, 292s.
- Şenol, M., Duman, T.Y., 1998. Adana-Mersin Dolayının Jeoloji Etüd Raporu. MTA, Adana, (yayınlanmamış).
- Tuna, L., Yağmur, B., Hakerlerler, H., Kılınç, R., Yokaş, İ., Bürün, B., 2005. Muğla Bölgesindeki Termik Santrallerden Kaynaklanan Kirlilik Üzerine Araştırma Raporu. Muğla Ü., Bilimsel Araştırma Projeleri, s:1-79, Muğla.
- Turan, H., Özdemir, Z., Zorlu, S., 2006. Çiftehane (Ulukışla-Niğde) bölgesinin Cu, Zn, Fe, Mn ve Ni için biyojeokimyasal anomalilerin araştırılması. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yerbilimleri Dergisi, 19(2), 131-140.
- TS266, Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, 2005. Türk Standartları Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.
- Yurdakul, İ., 1997. Ağır Metallerin Toprakten Ekstraksiyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Buğday Yetiştirilerek Kalibrasyonu. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı, Yayın No.106, s:330-346.
- Wang, Y., 2006. Trace element geochemical characteristics of plant and their influence on the remoteening pectral propertie in the North Jiangsu oil field. Chinee Science Bulletin, 45, 27-34.