



## Terzili-Yerköy-Yozgat Cu yatağı ve çevresinde yetişen *Euphorbia cyparissias* bitkisinin biyojeokimyasal olarak incelenmesi, Türkiye

### Biogeochemical examination of *Euphorbia cyparissias* plant in Terzili-Yerköy-Yozgat Cu deposits and its around, Turkey

Güllü KIRAT<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye.  
gul.kirat@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received: 13.02.2017, Kabul Tarihi/Accepted: 12.06.2017

\* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2017.33169

Araştırma Makalesi/Research Article

#### Öz

*Çalışma alanı, Terzili köyü (Yerköy - Yozgat) Kırşehir İ32-b3 paftasında yer almaktadır. Bu bölgede yetişen Euphorbia cyparissias bitkisinden ve ilişkili toprak örneklerinden 10'ar adet toplanarak analizi yapılmıştır. İnceleme alanından toplanan bu bitkinin dalında As, Co, Fe, Ni, Ag ve V element değerleri, yapraklarında As, Cr, Co, Fe, Ni, Ag, Th ve V element değerleri ve bu bitkinin üzerinde yetiştiği toprak örneklerinde (Fe ve Th dışında) tüm element değerleri, bitki ve toprak için önerilen değerlerden yüksektir. İncelenen toprak örneklerindeki Pb ve Th değerleri ile pH değerleri arasında doğrusal bir ilişki saptanırken, Ag, Co, Cu, Ni, U, V ve Zn değerleri ile pH arasında doğrusal bir ilişki saptanamamıştır. Düşük pH şartlarında bu elementlerin çözünürlüğünün yüksek olduğu görülmüştür. Toprak örneklerinde element çiftleri arasında; Al-Cr, Co-Ni, Cu-Fe ve Al-Mn pozitif yüksek korelasyon görülmektedir ( $p<0.01$ ,  $p<0.05$ ). Toprak-dal (As için) ve toprak-yaprak (Cu, Mn ve Pb için) arasında %99 ve %95 güvenilirlikle pozitif korelasyon bulunduğundan, Cu ve Mn (yaprak) ve Pb (dal) için, E. cyparissias bitkisinin belirtgen bitki olabileceği saptanmıştır.*

**Anahtar kelimeler:** Belirtgen bitki, Dal, Yaprak, Toprak, Terzili

#### Abstract

*The study area is located in Kırşehir İ32-b3 section in Terzili village (Yerköy-Yozgat). 10 samples were analyzed after collected from Euphorbia cyparissias plant which grows in this region and from related soil. Since As, Co, Fe, Ni, Ag and V element values on the stems of this plant collected from the study area, As, Cr, Co, Fe, Ni, Ag, Th and V element values on the leaves of this plant, and all the element values (except for Fe and Th) in the soil where this plant grows are higher than the suggested values. There was no linear relationship between pH values and Ag, Co, Cu, Ni, U, V and Zn values, while Pb and Th values in soil samples were correlated with pH values. At low pH conditions, the solubility of these elements is high. At the soil samples, higher positive correlation is seen between pairs element Al-Cr, Co-Ni, Cu-Fe and Al-Mn ( $p<0.01$ ,  $p<0.05$ ). Because of positive correlation 99% and 95% reliability between soil-stem (for As) and soil-leaf (for Cu, Mn and Pb), it has been determined that E. cyparissias plant for Cu and Mn (leaf) and Pb (stem) may be indicator plant.*

**Keywords:** Indicator plant, Stem, Leaf, Soil, Terzili

## 1 Giriş

Red-bed (Kırmızı Seri) tipi bakır (Cu) yatakları stratiform sedimanter yataklarının bir türü olup [1],[2], kırmızı renkli çökeller içinde bulunmaktadır.

Türkiye'de Oligo-Miyosen yaşlı havzalarda bulunan red-bed tipi Cu yatakları Yozgat-Çorum-Çankırı-Sivas'ta yer almaktadır [2]. Bu yataklar jeolojik özellikleri ile Zaire ve Zambia'daki Roan, Michigan'daki White Pine, Polonya ve Almanya'daki Kupferschiefer, Rusya'daki Dzhezkazgan ve Corocoro (Bolivya), Nacimiento (ABD) cevher yataklarına benzerlik göstermektedirler [2]. Bu yataklarda cevher, kırmızı renkli seviyeler içerisinde ara katmanlar biçiminde bulunur [3].

Red-bed tipi Cu yatakları kahverengi, kırmızı ve gri çamurtaşları, kumtaşları ve şeyl tabakaları içerisinde oluşmuştur. Bu yatakların yan kayaçlarının renginin kırmızı olması, Fe<sup>+2</sup>'nin Fe<sup>+3</sup>'e yükseltgenmesi sonucunda hematitin ve limonitin tanelerin etrafına yapışması ve taneler arasında çimento ve matriks halinde bulunmasından kaynaklanmaktadır. Cevher bantları indirgeyici ortamlarda bulunduğundan rengi yeşil ve yeşilimsi gridir. Tabaka ve mercer şeklinde bulunan cevherin kalınlığı mm ile metre arasında değişmektedir ve genişliği ise kilometrelerce uzamaktadır [4].

Red-bed tipi Cu yataklarının oluşumu hakkında sinjenetik ve epijenetik olmak üzere iki farklı görüş bulunmaktadır. Sinjenetik görüşe göre, cevherleşme, stratiform şeklinde ve taban/tavan kayaçları ile uyumlu olarak meydana gelmiştir [2],[5]-[7]. Epijenetik görüşe göre, cevherleşme, çökmeden sonra diyajenezle bağlı olarak meydana gelmiştir [3],[4],[8],[9].

Maden yataklarının bulunduğu alanlarda biyojeokimyasal araştırmalar, bitkilerin kök çevresinde bir elementin varlığını, taşınmasını ve biriktirmesini yansıtmaktadır [10]. Bu alanlarda birçok bitki türü, yetiştiği toprağın kimyasal özelliklerini yansıttığından bitki türleri biyojeokimyasal çalışmalarda kullanılır ve bu bitki türleri belirtgen (belirtgen) bitki olarak adlandırılır [11],[12].

Son yıllarda dünyada biyojeokimyasal çalışmalar ile çok sayıda maden yatağı saptanmıştır [13]. Literatürde bu çalışmalar ile Au yataklarının aranması için yapılmış çalışmalar mevcut olduğu gibi Ag, As, B, Cu, Fe, Pb, Se, Li, Ni ve Zn gibi elementlerin aranması için de belirtgen bitkiler saptanmaya çalışılmıştır [11],[14]. Biyojeokimyasal çalışmaların başarılı bir şekilde yapılabilmesi için, topraktaki element konsantrasyonları ile bitkideki element konsantrasyonları arasında doğrusal bir ilişkinin bulunması gerekir [12],[15].

Red-bed tipi Cu yatakları yarı ekonomik yataklar olup, birincil ve ikincil oluşumlu (Ag, Cu, Ni, Pb, Se, U, V ve Zn gibi)



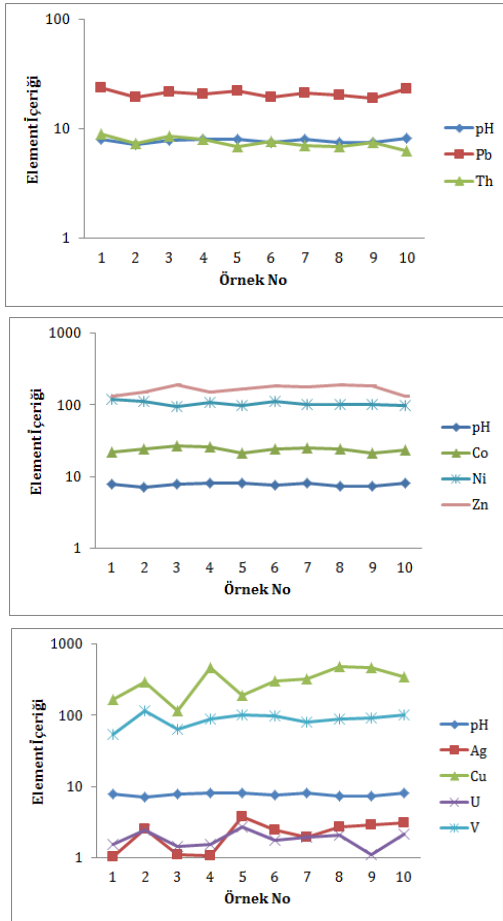
### 3.2 Toprak

Çalışma alanından, *E. cyparissias* bitkisinin üzerinde yetiştiği 15-20 cm derinlikteki topraktan bitki kökleri ayıklanarak toplam 10 adet örnek toplanmıştır. Toplanan örnekler poşetlenerek numaralandırılmıştır. Laboratuvara getirilen örnekler -80 mesh elekten geçirilerek oda sıcaklığında kurutulmuştur.

Toprak örneklerinin pH değerlerinin ölçülmesi için, 4 gr toprak ile 10 ml saf su karıştırılarak örnek tüpleri hazırlanmıştır. pH metre kullanılarak pH değerleri ölçülmüştür [24] (Şekil 4).

0.10 gr kül ve toprak örneklerine 2 ml derişik HNO<sub>3</sub> ilave edilerek 1 sa. süreyle 95 °C'de ısıtıcı üzerinde ısıtılarak kurutulmuştur. Kurutulan örneklere 2 ml HNO<sub>3</sub> ve HCl-HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O (herbir asitten 1:1:1 alınarak hazırlanan 6 ml karışım ve 0.10 gr kül ve toprak örneği) karışımı ilave edilmiştir. Elde edilen bu karışım saf su ile seyreltilerek 50 ml'ye tamamlanmıştır ve hesaplamalar son hacime göre yapılmıştır.

Toprak ve bitki örneklerinin Cu, Ag, Co, Mn, Ni, Pb, U, V ve Zn element analizleri, ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer) ile BİLTEM (Bozok Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi), Yozgat, Türkiye'de yapılmıştır. LOD values (ppb); Cu: 0.0149, Ag: 1.0252, Co: 0.0332, Mn: 0.2822, Ni: 0.0106, Pb: 0.0136, V: 0.1107, Zn: 0.6098, U: 0.0008.



Şekil 4: Toprak örneklerindeki elementler ile pH değerleri arasındaki ilişki.

### 4 Bulgular ve tartışma

Terzili köyü ve çevresinde yetişen *E. Cyparissias* bitkisinden ve üzerinde yetiştiği topraktan alınan örneklerden elde edilen analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilerek sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Rose [9] tarafından belirtilen toprak örneklerindeki medyan değerleri (ppm); As: 7.5, Ag: 0.1 (karbonatlı kayaç), 0.25 (kumtaşı), 0.19 (şeyl), ve Zn: 36'dır. WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından belirtilen toprak örneklerinde (ppm) Cu: 0.54 - 1.50, Pb: 0.06 - 0.46, Fe: 0.0143-0.0313, Zn: 0.03-0.35'dir [25]. Köksoy ve Topçu [26]'ya göre toprakta 21 ppm, bitki külünde 210 ppm Cu bulunmaktadır. Çalışma alanında değişik lokasyonlardan alınan toprak örneklerindeki Cu konsantrasyonu 116.40-794.80 ppm arasında değişmektedir. Buna göre; toprak örneklerindeki Cu konsantrasyonunun anomali değerinde olduğu söylenilebilir. Çeşitli ortamlardaki Fe konsantrasyonları bazı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Rose ve diğ. [9]'e göre, toprakta 21000 ppm ve bitki külünde 1600 ppm Fe bulunduğunu belirtmektedirler. Alloway [27]'e göre, toprakta 10000-100000 ppm, bitki külünde 21-750 ppm düzeyinde Fe bulunmaktadır. Fırat [28]'a göre, toprakta 80000 ppm, bitki kuru madde üzerinden 50-2000 ppm Fe bulunmaktadır. Market [29]'e göre, bitkide kuru madde üzerinden 150 ppm Fe bulunmaktadır.

Çeşitli ortamlardaki Mn düzeyleri Köksoy ve Topçu [26]'a göre, toprakta 850 ppm ve bitki külünde 7500 ppm düzeyinde Mn içerdiğini belirtmektedirler. Rose ve diğ. [9]'a göre, toprakta 320 ppm ve bitki külünde 6700 ppm Mn olduğunu belirtmektedirler. Fırat [28]'e göre, toprakta toplam Mn miktarı 20-300 ppm ve bitkide kuru madde üzerinden 40-200 ppm, bitki külünde ise yaklaşık 1000-2000 ppm Mn içermektedir. Çalışma alanından alınan toprak örneklerindeki Mn konsantrasyonu 808.36-1122.25 ppm arasında değişmektedir. 1, 2, 4, 5, 7, 8 No.lu lokasyonlardan alınan toprak örneklerindeki Mn değerlerinin yüksek olması bölgedeki cevherleşmelerden kaynaklandığını göstermektedir. Genel olarak inceleme alanında alınan toprak örneklerinin anomali değerlere sahip olduğu söylenilebilir.

Köksoy ve Topçu [26]'a göre, Pb toprak örneklerinde ve bitki külünde 11 ppm'dir. Rose ve diğ. [9]'e göre, toprakta 17 ppm, bitkide 30 ppm'dir. Temur [30], tüm yer kabuğunda ortalama 17 ppm Pb bulunduğunu ve topraklarda 17 ppm ortalama değerler verdiğini belirtmektedir. Çalışma alanından alınan toprak örneklerindeki Pb konsantrasyonu 19.14-23.55 ppm arasında değişmektedir.

Çeşitli ortamlardaki Zn konsantrasyonları farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Rose ve diğ. [9]'a göre, Zn toprakta 36 ppm ve bitki külünde 570 ppm'dir. Köksoy ve Topçu [26]'ya göre, toprakta 51 ppm ve bitki külünde 910 ppm düzeyinde Zn bulunmaktadır. Alloway [27]'e göre, Zn toprakta 10-300 ppm ve bitki külünde 21-300 ppm'dir. Nagaraju ve Karimulla [31]'a göre, Zn toprakta 10-30 ppm'dir. Çalışma alanında değişik lokasyonlardan alınan toprak örneklerinde Zn konsantrasyonu 129.71-187.69 ppm arasında değişmektedir.

Terzili ve çevresinden alınan toprak örneklerindeki element değerleri, araştırmacılar tarafından verilen element değerlerine göre yüksektir (Tablo 1). Rose [9] tarafından belirtilen bitki örneklerinde As: <0.25 ppm, Ag: 0.1-1 ppm'dir. WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından bitki örneklerinde maksimum Cu: 10 ppm [32], Pb: 2 ppm, Fe: 0.0020 % [34], Zn: 50 ppm [33]'dir.

Tablo 1: *E. cyparissias* bitkisinin dal ve yaprağındaki ve ilişkili toprak örneklerindeki elementlerin istatistiksel değerleri (Al, Ca, Fe ve Mg: %; diğer element değerleri: ppm).

	Ag	Al	As	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Se	Th	U	V	Zn
Toprak																		
Minimum	1.04	1.27	31.98	2.32	21.46	30.56	116.4	1.72	1.82	808.36	95.45	19.14	870.99	122.65	6.299	1.11	53.75	129.71
Maksimum	3.81	1.69	41.23	5.02	27.05	59.16	794.8	2.19	2.92	1122.25	117.74	23.55	1010.04	147.82	8.954	2.68	115.79	187.69
Aritmetik Ortalama	2.29	1.51	37.18	3.22	23.86	45.58	413.58	1.93	2.25	936.54	104.25	21.10	941.08	133.93	7.51	1.88	88.18	164.67
Medyan Standart Sapma	2.51	1.53	37.43	3.04	24.14	48.50	403.25	1.92	2.15	922.60	101.34	21.09	935.40	133.96	7.47	1.87	90.80	170.99
	0.96	0.13	3.22	0.84	1.80	9.95	228.82	0.16	0.40	90.63	7.59	1.50	42.94	8.53	0.82	0.48	18.40	22.18
Dal																		
Minimum	0.98	0.16	19.14	10.02	3.75	3.35	84.5	0.31	3.6	118.94	27.31	5.59	505.35	63.59	0.386	0.21	12.42	46.21
Maksimum	2.74	0.5	40.52	12.47	12.93	8.86	150.8	0.68	5.09	704.4	97.65	8.35	797.85	80.7	1.952	0.83	27.01	210.14
Aritmetik Ortalama	1.64	0.31	28.70	11.16	7.82	6.33	123.32	0.56	4.56	329.65	56.61	6.65	645.12	69.73	1.04	0.44	16.95	116.91
Medyan Standart Sapma	1.47	0.25	28.16	11.24	6.56	6.22	125.10	0.57	4.60	258.97	52.12	6.61	633.66	68.64	0.98	0.39	15.54	111.87
	0.57	0.14	7.96	0.92	3.09	1.54	22.46	0.11	0.39	192.39	22.74	0.94	98.67	5.28	0.39	0.17	4.38	51.45
Yaprak																		
Minimum	0.8	0.2	12.99	13.51	4.09	19.4	54.5	0.4	3.54	234.12	97.1	3	490.2	62.66	0.26	0.12	5.38	97.35
Maksimum	3.9	0.68	25.65	15.85	6.98	181.6	89.6	0.78	5	848.07	546.66	5.78	910.76	79.96	1.93	0.81	44.87	138.84
Aritmetik Ortalama	1.96	0.45	17.78	14.73	5.52	76.03	70.41	0.62	4.13	532.79	342.50	4.42	726.22	73.72	1.22	0.50	26.45	116.46
Medyan Standart Sapma	1.90	0.45	16.56	14.79	5.39	68.26	69.95	0.66	3.99	483.61	408.36	4.49	690.70	75.48	1.33	0.54	25.69	113.59
	0.92	0.15	4.09	0.81	1.01	46.39	12.23	0.12	0.49	227.48	177.20	0.91	135.19	5.55	0.67	0.25	14.46	13.75

*E. cyparissias* bitkisinin dalındaki elementlerin medyan değerleri (ppm); As: 28.16, Cu: 125.1, Fe: 0.57 %, Pb: 6.61, Mn: 258.97, Ag: 1.47, ve Zn: 111.87'dir. Bu bitkinin yaprağındaki elementlerin medyan değerleri ise (ppm); As: 16.56, Cu: 69.95, Fe: 0.66 %, Pb: 4.49, Mn: 483.61, Ag: 1.49, ve Zn: 13.75 'dir (Tablo 1).

Çalışma alanında alınan bitki örneklerinin dalında (maksimum) Cu: 150.8 ppm, Pb: 8.35 ppm, Fe: 0.68 %, Zn: 210.14 ppm ve yaprağında Cu: 89.6 ppm, Pb: 5.78 ppm, Fe: 0.78 %, Zn: 138.84 ppm olarak bulunmuştur (Tablo 1).

Terzili ve çevresinden alınan bitkinin dalındaki (As, Fe, Ag ve V) (Rose ve diğ. [9]'a göre) ve yapraklarındaki (As, Fe ve Ag), (Rose ve diğ. [9]'a göre) element değerleri ile hem daldaki hem de yapraktaki (Cu, Pb, Fe ve Zn) element değerleri (Nazır ve diğ. [25]'e göre) yukarıda belirtilen değerlerden yüksek olup anomali değerler olarak kabul edilebilir. Toprakta, dalda ve yaprakta yüksek değerli bu elementlerin benzer çözünme, taşınma ve çökelmeye sahip olduğu düşünülmektedir.

Farklı fiziko-kimyasal ve biyolojik faktörler, topraktaki metallerin hareketliliğini kontrol eder [34]. Kırsal topraklarda pH değeri 7.79-7.80 arasında değişmektedir. Bu pH değerleri, yüksek karbonat içeriğine göre düşüktür [35],[36]. Toprakta metallerin çözünmesi pH'ın artmasına neden olabilir [37],[38]. İnceleme alanında, *E. cyparissias* bitkisinin üzerinde yetiştiği toprak örneklerinin pH değerleri 7.13 ile 8.13 arasında değişmektedir.

Toprak örneklerindeki Pb ve Th değerleri ile pH değerleri her bir örnek lokasyonunda doğru orantılı olarak değişmektedir. Ancak, 2 ve 5 nolu lokasyonlarda pH değeri azalırken, Ag, Co, Cu, Ni, U, V ve Zn değerlerinde artma gözlenmiştir (Şekil 4).

İki değişken arasındaki Korelasyon katsayısı (r) +1'e yaklaştıkça bağıntının gücü artarken, -1'e yaklaştıkça bağıntının gücü azalmaktadır. Veri sayısı az olduğu için

değişkenler (toprak, dal ve yapraktaki elementler) arasında Sperman Korelasyon Katsayısı (rs) hesaplanmıştır (Tablo 2). Sperman Korelasyon Katsayıları (rs), element çiftlerinin maden yataklarındaki benzer davranışlarını ortaya koyar. Bu özellik ya birlikte hareketlilik ya da zıt hareketlilik biçimindedir. Bu hareketlilikler genetik olarak da anlam taşıyabilir. Korelasyon katsayı değerleri, bazı element çiftlerinde pozitif bazı element çiftlerinde negatiftir. Pozitif korelasyon değerleri element çiftlerinin birlikte arttığı veya eksildiği yani beraber hareket ettiklerini, negatif korelasyon değerleri ise bir elementin artarken diğerinin eksildiğini yani zıt hareket ettiklerini göstermektedir [39].

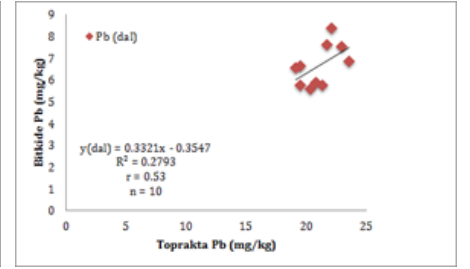
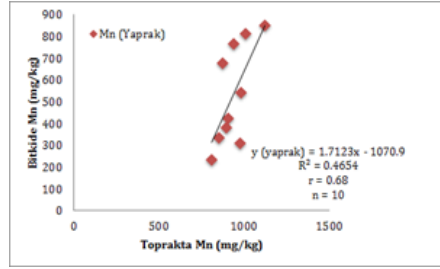
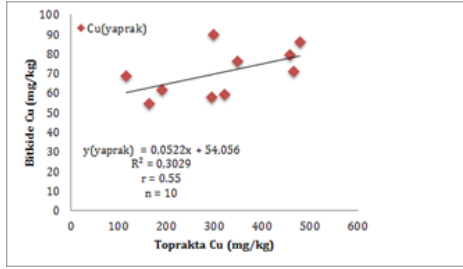
Terzili ve çevresinde toplanan toprak örneklerindeki elementler arasında Sperman korelasyon ilişkilerine bakıldığında (n =10); Al-Cr (rs:0.77, p<0.01), Co-Ni: (rs:0.89, p<0.01), Cu-Fe (rs:0.89, p<0.01); Al-Mn (rs:0.66, p<0.05) arasında yüksek pozitif korelasyon gözlenirken; Ag-Th (rs:-0.82, p<0.01), Fe-Pb (rs:-0.92, p<0.01); Cu-Pb (rs:-0.76, p<0.05), Th-U (rs:-0.71, p<0.05) arasında yüksek negatif korelasyon gözlenmektedir (Tablo 2).

Bitki-cevherleşme arasındaki biyojeokimyasal veriler değerlendirilirken, örnek sayısına bağlı olarak teorik r değerleri ile elde edilen deneysel r değerleri karşılaştırılmaktadır [40]. Schroll [41]'e göre örnek sayısı %99 ve %95 güvenlilikle, teorik korelasyon katsayısı değerleri verilmektedir. Terzili ve çevresinde yetişen *E. cyparissias* bitkisi ile bu bitkinin üzerinde yetiştiği topraktaki elementler arasındaki korelasyon katsayıları Şekil 5'te verilmiştir.

*E. cyparissias* bitkisinin yaprağında 54.5-89.6 ppm ve üzerinde yetiştiği topraklarda 116.4-479.3 ppm arasında değişen Cu konsantrasyonu değerleri saptanmıştır. Korelasyon katsayıları yaprak için rs=0.55 (r deneysel>r teorik) olarak saptanmıştır (n=10, p<0.05 güvenlilikte).

Tablo 2: Çalışma alanındaki toprak örneklerinde bulunan elementlerin korelasyonu (\* $p < 0.05$  ve \*\* $p < 0.01$ ).

	Ag	Al	As	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Th	U	V	Zn
Ag	1															
Al	-0.04	1														
As	-0.07	-0.55	1													
Ca	-0.53	0.43	-0.10	1												
Co	-0.55	-0.12	0.06	-0.03	1											
Cr	0.49	.766(**)	-0.27	-0.02	-0.22	1										
Cu	0.20	-0.09	0.46	0.30	0.02	0.18	1									
Fe	0.35	0.09	0.21	0.21	-0.14	0.31	.888(**)	1								
Mg	0.24	0.21	-0.06	-0.01	0.33	0.41	0.33	0.25	1							
Mn	-0.24	.66(*)	-0.22	.661(*)	-0.22	0.30	-0.12	-0.11	0.10	1						
Ni	-0.47	0.22	0.21	.891(**)	-0.22	-0.13	0.43	0.34	-0.26	0.48	1					
Pb	-0.16	-0.05	-0.22	-0.09	-0.02	-0.20	-.758(*)	-.918(**)	-0.02	0.26	-0.29	1				
Th	-.818(**)	0.01	-0.09	0.47	0.20	-0.58	-0.27	-0.22	-0.38	0.15	0.49	0.03	1			
U	0.55	0.28	-0.30	0.10	-0.18	0.54	0.24	0.14	0.60	0.24	-0.15	0.20	-.709(*)	1		
V	.709(*)	0.03	0.14	-0.08	-0.36	0.47	0.59	0.61	0.57	-0.18	-0.04	-0.33	-0.56	0.60	1	
Zn	0.10	-0.20	-0.22	-0.31	0.24	-0.16	0.08	0.30	-0.29	-0.41	-0.27	-0.52	-0.01	-0.30	-0.29	1



Şekil 5: *E. cyparissias* bitki örneğindeki elementlerin toprak-dal ve toprak-yaprak arasındaki korelasyonu.

Şekil 5'te görüldüğü gibi topraktaki Cu konsantrasyonu ile *E. cyparissias* bitki türünün yaprak kısımlarının Cu konsantrasyonu arasında pozitif (+) doğrusal bir ilişki bulunduğundan bu bitki türü Cu için belirtgen bitki olarak tanımlanabilir.

Toprakta Mn, +2, +3 ve +4 değerli bileşikler halinde bulunur. Burada toprak çözeltisinde en çok  $Mn^{+2}$  iyonları bulunabilmektedir. Bitki beslenmesi açısından da esas itibarıyla  $Mn^{+2}$  iyonları önem taşır [42]. Mn, fotosentez için gerekli olduğundan bitkilerde Fe ile birlikte klorofil oluşumuna katılır.

Bitki gelişimine yardımcı olmak için Cu, Fe ve Zn ile kombinasyonlar oluşturur [43],[44]. *E. cyparissias* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Mn konsantrasyonu için 808.4 ile 1122.3 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin yaprağında Mn konsantrasyonu 234.1 ile 848.1 ppm arasında değişmektedir. *E. cyparissias* bitkisinin yaprağındaki Mn ile topraktaki Mn değerleri arasında ( $n = 10$ ,  $r_s = 0.68$ ,  $p < 0.05$ ) ( $r$  deneysel  $> r$  teorik) pozitif doğrusal korelasyon olduğu saptanmıştır (Şekil 5). Bunlara göre, *E. cyparissias* bitki türünün yaprağının Mn için belirtgen bitki olabileceği söylenebilir.

*E. cyparissias* bitkisinin üzerinde yetiştiği topraklardan alınan örneklerde Pb konsantrasyonu için 19.14 ile 23.55 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. Bitkinin dalında Pb konsantrasyonu 5.6-8.4 ppm arasında değişmektedir. Bitkinin dalı ile toprağı arasında % 95 güvenilirlikle pozitif korelasyon saptanmıştır ( $n=10$ ,  $r_s=0.53$ ,  $p < 0.05$ ) ( $r$  deneysel  $> r$  teorik) (Şekil 5). Bu bitki türünün dalı Pb için belirtgen olabileceği söylenebilir.

## 5 Sonuçlar ve öneriler

Çalışma kapsamında Terzili-Yerköy-Yozgat Cu yatağı ve çevresinde yetişen *E. cyparissias* bitkisi biyojeokimyasal olarak incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, Cu, Mn ve Pb için toprak-bitki arasında element içerikleri açısından doğrusal bir ilişki saptanmıştır. Bitkideki Cu, Mn ve Pb değerlerinin, topraktaki Cu, Mn ve Pb değerlerine bağlı olabileceği söylenebilir. Cu ve Mn elementi için, *E. cyparissias* bitkisinin yapraklarının belirtgen olabileceği saptanmıştır. Pb elementi için, *E. cyparissias* bitkisinin dallarının belirtgen olabileceği saptanmıştır.

Cu, Mn ve Pb elementleri için saptanan belirtgen bitkilerin element değerlerinin toprakta bulunan element değerleri ile ilişkileri incelenmiştir.

Toprakta Cu, Mn ve Pb kirliliğinin olduğu bölgelerde, belirtgen bitki olarak seçilen bitki türlerinin yetiştirilmesi ile kirliliğin giderilebileceği söylenebilir. *E. cyparissias* bitkisinin Cu, Mn ve Pb için belirtgen bitki olması, bu bitki türünün önemini arttırmaktadır.

## 6 Teşekkür

Bu çalışma, BAP Birimi 2015 MMF/A181 kodlu proje ile desteklenmiştir. Bitki ve toprak örneklerinin analizleri, BİLTEM'de (Bozok Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi) yapılmıştır (Yozgat, Türkiye).

Bu örneklerin analize hazırlanmasında ve ICP-MS cihazında okunmasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. İsmail AKDENİZ'e (Bozok Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü)'ne teşekkür ederim.

## 7 Kaynaklar

- [1] Gustafson LB, Williams N. *Sediment-Hosted Stratiform Deposits Of Copper, Lead, and Zinc*, Editors: Skinner BJ. Economic Geology 75<sup>th</sup> Anniversary Volume, (1905-1980), 139-178, Lancaster, Penn., The Economic Geology Publishing Company, 1981.
- [2] Aral H. "Red bed tipi bakır yatakları ve Türkiye'den örnekler". *Madencilik*, 2, 17-26, 1990.
- [3] Aral H. "Orta Anadolu'da Delice-Yerköy arasında yer alan sedimanter bakır (gümüş-uranyum) yataklarının stratigrafisi, sedimantolojik özellikleri ve oluşumu". *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 110, 55-76, 1990.
- [4] Haynes DW. "Stratiform copper deposits hosted by low-energy sediments. I. Timing of sulfide precipitation-An hypothesis". *Economic Geology*, 81, 250-265, 1986a.
- [5] Dunham KC. "Neptunist concepts in ore genesis", *Economic Geology*, 59, 1-21 1964.
- [6] Haranczyk C. "Zechstein lead-bearing shales in the fore-Sudetic monocline in Poland". *Economic Geology*, 65, 481-495, 1970.
- [7] Garlick WG. "Depositional and diagenetic environment related to sulfide mineralization. Mufulira, Zambia". *Economic Geology*, 69, 59-79, 1974.
- [8] Shockey PN, Renfro AR, Peterson RJ. "Copper-sulfide solution fronts at Paoli, Oklahoma". *Economic Geology*, 69, 266-268, 1974.
- [9] Rose AW. "The effect of cuprous chloride complexes in the origin of Red-Bed copper and related deposits". *Economic Geology*, 71, 1036-1048, 1976.
- [10] Gedik T. Madenköy (Niğde/Ulukışla) ve Dolaylarının Biyojeokimyasal Anomalilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2005.
- [11] Brooks RR, Dunn CE, Hall GEM. Editors: *Biological Systems in Mineral Exploration and Processing*. 538, Ellis Horwood, London, 1995.
- [12] Turan H, Özdemir Z, Zorlu S. "Çiftelhan (Ulukışla-Niğde) bölgesinin Cu, Zn, Fe, Mn ve Ni için biyojeokimyasal anomalilerin araştırılması". *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 19(2), 131-140, 2006.
- [13] Erdman JA, Kokkola M. "Workshop 2: Biogeochemistry in mineral Exploration". *Journal of Geochemical Exploration*, 21, 123-128, 1984.
- [14] Sağiroğlu A, Özdemir Z. "Biyojeokimyasal prospeksiyon". *Jeoloji Mühendisliği*, 51, 1-17, 1997.
- [15] Özdemir Z, Sağiroğlu A. "Botanik prospeksiyon". *Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Derlemeler Dizi*, 4, 93-100, 1996.
- [16] Göncüoğlu MC, Toprak GMV, Kuşçu I, Erler A, Olgun E. "Orta Anadolu Masifinin Batı Kesiminin Jeolojisi Bölüm 1: Güney Kesim". Ankara, Türkiye, ODTÜ-TPAO Project Report, (yayınlanmamış), 140, 1991.
- [17] Erdoğan B, Akay E, Uğur MS. "Geology of the Yozgat region and evolution of the collisional Cankırı Basin". *International Geology Review*, 38, 788-806, 1996.
- [18] Çevik N. Yozgat-Yerköy-Belkavak Köyü Civarı Kalsedon ve Ametist Oluşumlarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2009.
- [19] Birgili S, Yoldaş R, Ünal G. "Çankırı Çorum Havzası'nın Jeolojisi ve Petrol Olanakları". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 5621, 1975.
- [20] Ateş Ş, Erkal T, Mutlu G, Bulut A, Osmañcelebioğlu R, Olgun Ş, Özata A. "Çorum kenti ile merkez ilçesinin yerbilim verileri ve doğal afet kaynakları". Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 10553, 2002.
- [21] Alpaslan M, Temel A. "Petrographic and geochemical evidence for magma mixing and crustal contamination in the Post-Collisional calcalkaline Yozgat Volcanics, Central Anatolia, Turkey". *International Geology*, 42, 850-863, 2000.
- [22] Gümüş A. *Metalik Maden Yatakları*. Trabzon, Türkiye, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, 1974.
- [23] Reichman SM, Asher CJ, Mulligan DR, Menzies NW. "Seedling responses of three Australian tree species to toxic concentrations of zinc in solution culture". *Plant and Soil*, 235, 151-158, 2001.
- [24] Vural A. "Assessment of metal pollution associated with an alteration area: Old Gümüşhane, NE Black Sea". *Environmental Science and Pollution Research*, 22(5), 3219-3228, 2014.
- [25] Nazır R, Khan M, Masab M, Rehman HU, Rauf NU, Shahab S, Ameer N, Sajed M, Ullah M, Rafeeq M, Shaheen Z. "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". *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(3), 89-97, 2015.
- [26] Köksöy M, Topçu S. "Jeokimyasal Prospeksiyonun Tanıtımı ve Laboratuvar Metodları". Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Ankara, Türkiye, 16, 95 s, 1976.
- [27] Alloway BJ. oil processes and the behavior of metals. In: Heavy Metals in Soils, Editors: Alloway, B. J. 2<sup>nd</sup> ed. 11-37, Blackie Academic and Professional, London, 1995.
- [28] Fırat B. *Bitki Nasıl Beslenir*. Konya, Türkiye, Atlas Kitapevi, 1998.
- [29] Market B. "Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems". *Vegetation*, 1203, 1-30, 1992.
- [30] Temur S. *Metalik Maden Yatakları*. 286 s. Konya, Türkiye, Selçuk Üniversitesi Yayınları, 1997.
- [31] Nagaraju A, Karimulla S. "Accumulation of elements in plants and soils in and around Nellore Mica Belt, Andhra Pradesh, India-a biogeochemical study". *Environmental Geology*, 41, 852-860, 2002.
- [32] Hassan Z, Anwar Z, Khattak KU, Islam M, Khan RU, Zaman J, Khattak K, et al. "Civic pollution and its effect on water quality of river toi at district kohat, NWFP". *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 4(3), 334-339, 2012.
- [33] Shah A, Niaz A, Ullah N, Rehman A, Akhlaq M, Zakir M, Khan MS. "Comparative study of heavy metals in soil and selected medicinal plants". *Journal of Chemistry*, Volume 2013, 1-5, 2013.
- [34] Naim S, Ozcan HK, Demir G, Nemlioglu S, Bayat C. "Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway". *Environmental International*, 29(7), 979-985, 2004.
- [35] Ge Y, Murray P, Hendershot WH. "Trace Metal Speciation and Bioavailability in Urban Soils". *Environmental Pollution*, 107(1), 137-144, 2000.

- [36] Lu SG, Bai, SQ. "Contamination and potential mobility assessment of heavy metals in urban soils of hangzhou, China: relationship with different land uses". *Environmental Earth Sciences*, 60(7), 1481-1490, 2010.
- [37] Škrbić B, Miljević N. "An evaluation of residues at an oil refinery site following fires". *Journal of Environmental Science and Health*, 37(6), 1029-1039, 2002.
- [38] Al Obaidy AHM], Al Mashhadi AAM. "Heavy Metal Contaminations in Urban Soil within Baghdad City, Iraq". *Journal of Environmental Protection*, 4, 72-82, 2013.
- [39] Ünlü T, Stendal H. "Divriği bölgesi demir yataklarının element korelasyonu ve jeokimyası; Orta Anadolu, Türkiye". *Jeoloji Mühendisliği*. 28, 5-19, 1986.
- [40] Wellmer FW. *Rechnen Für Lagerstaettenkundler und Rohstoffwirtschaftleri*. Verlag Elger Clausthal-Zellerfeld. Deutschland, 462, 1989.
- [41] Schroll E. (Ed.). *Analytische Geochemie*. Enke verl. Bd. I. Stuttgart, 292, 1975.
- [42] Aktaş M. *Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği*. Ankara, Türkiye, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 1995.
- [43] Yılmaz C. *Bitkisel Üretimde Besin Elementleri*. İstanbul, Türkiye, Hasad Yayıncılık, 2004.
- [44] Özdemir Z, Zorlu S, Akyıldız M, Yücesoy Eryılmaz F. "Determination of indicator plants for boron in the Kırka (Eskişehir, Türkiye) boron deposit area". *International Journal of Geoscience*, 5, 77-84, 2014.