

Farklı Habitatlarda (Jips, Kireçtaşı, Serpantin) Yetişen Bitkilerde Bazı Ağır Metallerin (Ba, Cd, Co, Cr, Pb) Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Etem OSMA^{1*}, Tuğçe VAROL², Müjgan ELVEREN³

¹Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Erzincan, Türkiye

²Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan, Türkiye

³Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Erzincan, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-5250-8194>

²<https://orcid.org/0000-0001-7027-462X>

³<https://orcid.org/0000-0002-5250-8194>

*Sorumlu yazar: eosma@erzincan.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 29.11.2022

Kabul tarihi: 10.04.2023

Online Yayınlanma: 05.07.2023

Anahtar Kelimeler:

Ağır metal

Serpantin

Jips

Kireçtaşı

ICP-MS

ÖZ

Bu çalışmada, Erzincan il sınırları içerisinde farklı habitatlarda (jips, kireçtaşı, serpantin) yetişen 25 bitki türü (Jips; *Ebenus macrophylla* Jaub and Spach., *Gypsophila lepidioides* Boiss., *Linum flavum* L., *Onobrychis nitida* Boiss., *Paracaryum stenolophum* Boiss., *Psephellus recepii* Wagenitz & Kandemir, *Tanacetum heterotomum* (Bornm.) Grierson, *Verbascum alyssifolium* Boiss.), Kireçtaşı; *Alkanna megacarpa* DC., *Alyssum sibiricum* Willd., *Anthemis sp.*, *Astragalus sp.*, *Chrysophthalmum montanum* (DC.) Boiss, *Ebenus laguroides* Boiss., *Genista aucheri* Boiss., *Pelargonium endlicherianum* Fenzl., *Stachys sparsipilosa* R. Bhattacharjee & Hub-Mor.) Serpantin; *Artemisia squamata* L., *Consolida olopetala* (Boiss.) Hayek, *Convolvulus pseudoscammia* C. Koch., *Erysimum pulchellum* Willd., *Fumana aciphylla* Boiss., *Gladiolus halophilus* Boiss. & Heldr., *Hypericum thymbrifolium* Boiss & Noé, *Salvia indica* L.) ile çalışılmıştır. Çalışma kapsamında farklı bitkilerde ve yetiştikleri topraklarda metal (Cd, Cr, Pb, Co, Ba) konsantrasyonları belirlenmiştir. Toplanan bitkilerin çiçek, yaprak ve kök kısımları ile yetiştikleri habitatların toprakları laboratuvarında ön işlemlerden geçirilmiştir. Sonrasında hazırlanan örneklerdeki metal konsantrasyonu ICP-MS' te analiz edilmiştir. Elde edilen bitki ve toprak verileri istatistiksel olarak değerlendirilerek, habitatlar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. Bitkinin generatif ve vejetatif kısımlarında metal konsantrasyonu bakımından farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Determination of Concentration of Some Heavy Metals (Ba, Cd, Co, Cr, Pb) in Plants Growing from Different Habitats (Gypsum, Limestone, Serpentine)

Research Article

Article History:

Received: 29.11.2022

Accepted: 10.04.2023

Published online: 05.07.2023

Keywords:

Heavy metal

Gypsum

Limestone

Serpentine

ICP-MS

ABSTRACT

In this study, 25 plant species growing in different habitats (gypsum, limestone, serpentine) (Gypsum; *Ebenus macrophylla* Jaub and Spach., *Gypsophila lepidioides* Boiss., *Linum flavum* L., *Onobrychis nitida* Boiss., *Paracaryum stenolophum* Boiss., *Psephellus recepii* Wagenitz & Kandemir, *Tanacetum heterotomum* (Bornm.) Grierson, *Verbascum alyssifolium* Boiss.), (Limestone; *Alkanna megacarpa* DC., *Alyssum sibiricum* Willd., *Anthemis sp.*, *Astragalus sp.*, *Chrysophthalmum montanum* (DC.) Boiss, *Ebenus laguroides* Boiss., *Genista aucheri* Boiss., *Pelargonium endlicherianum* Fenzl., *Stachys sparsipilosa* R. Bhattacharjee & Hub-Mor.) Serpentine; *Artemisia squamata* L., *Consolida olopetala* (Boiss.) Hayek, *Convolvulus pseudoscammia* C. Koch., *Erysimum pulchellum* Willd., *Fumana aciphylla* Boiss., *Gladiolus halophilus*

Boiss. & Heldr., *Hypericum thymbrifolium* Boiss & Noé, *Salvia indica* L.) in Erzincan were studied. Within the scope of the study, metal (Cd, Cr, Pb, Co, Ba) concentrations were determined in different plants and the soils they grow. The flower, leaf and root parts of the collected plants and the soils of the habitats they grow were pre-treated in the laboratory. The metal concentration in the samples prepared afterwards was analyzed in ICP-MS. The obtained plant and soil data were evaluated statistically and the differences between the habitats were determined. It has been determined that there are differences in terms of concentration metal in the generative and vegetative parts of the plant.

To Cite: Osma E., Varol T., Elveren M. Farklı Habitatlarda (Jips, Kireçtaşı, Serpantin) Yetişen Bitkilerde Bazı Ağır Metallerin (Ba, Cd, Co, Cr, Pb) Konsantrasyonunun Belirlenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(2):1562-1578.

1. Giriş

Metaller yerkabuğunda doğal olarak bulunmaktadır. Toprakta, kayalarda, hayvanlar ve bitkilerde mevcuttur. Metaller, gaz formunda, suda çözünebilen iyonlar halinde, kum, toprak ve kayalarda mineraller veya tuzlar şeklinde olabilmektedir. Hem doğal hem de antropojenik olaylar vasıtasıyla metaller ekosistemlere yayılabilme potansiyeline sahiptirler (Patterson, 1971). Yerkabuğunda, okyanuslarda ve atmosferde 92 tane element doğal olarak yer almaktadır (Elveren ve Osma, 2021). Bu elementler içerisinde yer alan ağır metaller, atomik yoğunluğu 5 g/cm^3 ten fazla olan ve düşük konsantrasyonlarda bile zehirli etki gösterebilen metalleri ifade etmektedir (Nriagu ve Pacyna, 1988; Ferner, 2001; Nolan, 2003; Manteca-Bautista ve ark, 2022). Ağır metaller, Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Mo ve Co gibi canlılar için gerekli olan ve Cr, Cd, Hg ve Pb canlılar için gereksiz olan geçiş metalleridir (Marschner, 2016; Bautista ve ark, 2022). Ağır metaller, yerkabuğunun doğal bileşenleri olup bozulmadıkları ve yok edilmediklerinden dolayı kalıcı çevresel kirleticilerdir. Küçük miktarlarda gıda, hava ve su yoluyla canlıların vücut sistemine girerler ve belirli bir süre içerisinde biyolojik olarak birikebilmektedirler (Aradhi ve ark., 2009; Laishram ve Kshetrimayum, 2019). Su, toprak ve atmosferde farklı miktarlarda var olabilen ağır metaller belirli seviyenin üstüne çıktığında çevre kirliliğine sebep olabilmektedir. Ağır metallerin çevrede ciddi biçimde birikime neden olması, canlılar için önemli ölçüde tehlikeye yol açmaktadır (Munzuroğlu ve Zengin 2004). Ağır metallerin insan ve çevre üzerindeki etkilerinin izlenmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar daha çok Pb, Ni, Cd, Cr ve Co gibi ağır metaller üzerinde yoğunlaşmıştır (Sevik ve ark., 2020; Karacocuk ve ark., 2021). Baryum (Ba) sanayide birçok ürünün üretiminde rol almaktadır. Ba tehlikeli metallerden biridir ve tüm baryum bileşikleri toksiktir. Bu nedenle, Ba konsantrasyonundaki değişimin izlenmesi önemlidir (Aktaş, 2019; Çetin ve Jawed, 2022).

Toprağın özellikle fiziko-kimyasal yapısının bitki performansı ve dağılımı üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Topraktaki metallerin konsantrasyonu jeolojik şartlara bağlıdır. Toprağı oluşturan oluşumlar ve süreçler, elementlerin konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Alloway, 1990; Salonen ve Korkka, 2007). Serpantinli topraklar, kimyasal bileşimi yönünden bitkiler için ekstrem ortamlardır. Bu topraklar, düşük bir Ca:Mg oranı ile karakterize edilmektedir. Genellikle düşük su tutma kapasitesi ile Co, Cr ve Ni gibi yüksek ağır metal konsantrasyonlarına sahiptir (Brady

ve ark., 2005; Harrison ve Rajakaruna, 2011; Meindl ve ark., 2021). Bu özelliklere sahip edafik koşullarda, serpantin ekosistemlere uyum sağlamış bitkiler dağılım göstermektedir (Kazakou ve ark, 2008). Çoğu ağır metale toleranslı olan bitkiler (hiperakümülatörler), bu metalleri yer üstü dokularında biriktirebilme özelliğine sahiptir (DeHart ve ark., 2014; Meindl ve ark., 2021). Jips, kristal halde su ihtiva eden kalsiyum sülfat ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ya da su ihtiva etmeyen anhidrit (CaSO_4) şeklindedir (Alphen ve Romero, 1971; Herrero ve Porta, 2000; Özdeniz ve ark, 2016). Birkaç yüz metre derinlere gömülmelerde jips suyunu kaybederek anhidrite, derinlerdeki anhidritler de yükselmelerle yüzeye yakın konumlara geldiğinde bünyelerine su alarak jipse dönüşür (Verheye ve Boyadgiev, 1997; Özdeniz ve ark, 2016). Jips içeren topraklar organik madde bakımından fakirdir. Toprakta jips miktarı arttıkça katyon değişim kapasitesi azalmaktadır. Bu habitatlarda Ca konsantrasyonu yüksek olduğundan K ve Mg alınımını önlemektedir. Dolayısıyla jipsli alanlarda yetişen bitkilerin dokularında Ca:Mg oranı yüksektir (Özdeniz ve ark, 2016).

Yapılan bu çalışma ile farklı habitatlarda (jips, kireçtaşı ve serpantin) alanları temsil edecek şekilde toplamda 25 tane bitkinin kök, yaprak ve çiçek kısımlarında metal analizleri yapılmış ve habitatlar arasındaki farklılıklar tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Erzincan, Doğu Anadolu bölgesinin Yukarı Fırat Bölümünde yer almaktadır. Fitocoğrafik açıdan İran-Turan Bölgesi'nin sınırları içerisinde olmasının yanında Avrupa- Sibiryaya Flora Bölgesine yakın olma özelliğine sahiptir. Anadolu Çaprazı (Diyagonalı)'nın üzerinde yer alması sebebiyle yüksek bitki çeşitliliği bulundurmaktadır (Kandemir ve ark., 2022). Özellikle endemik bitkilerin baskın olduğu jeolojik açıdan farklı üç formasyon bulunmaktadır. Bunlar, Munzur Dağları'nın oluşturduğu "kireçtaşı", kuzeydeki sıradağları içerisinde bulunduran bölgelerdeki "serpantin", İliç ve Kemah ilçeleri çevresinde yer alan "jipsli" habitatlardır (Kandemir ve ark, 2022). Kemah-İliç karayolundan itibaren Yahşiler Köyü'ne doğru 3. km de yer alan ve tamamen beyaz ve kristalize olmuş alanlar (37S 484606 E, 4381349 N, 1320 m), Kemaliye Kocaçimen Köyü (37S 459829 E, 4349479 N, 1334 m) ile Eriç köyü kireçtaşı kayalıklarından (37S 489450 E, 4373384 N, 1336 m) ve Kemah Yücebelen Köyü çevresindeki (37S 492090 E, 4372902 N, 1461 m) serpantin bölgeleri çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1.).

Jipsli habitatlarda yetişen bitkiler, miktarı fazla olan Ca, Mg ve S gibi elementleri, bu topraklarda miktarı az olan N ve P gibi mineral besin elementlerini biriktirebilme özelliğine sahiptirler (Palacio ve ark, 2007). Serpantin alanlarda ise mikrofil, sklerofil ve dikenli gövde yapısına sahip bitkiler geliştirmektedir. Bu türler, düşük miktarda Ca seviyelerine, Mg ve Ni elementlerinin yüksek miktarına karşı oldukça toleranslıdır (Özdeniz ve ark, 2017). Bu çalışmada serpantin, jips ve kireçtaşı bölgelerinde yetişen farklı familyalara sahip bitki örnekleri seçilmiştir. Jips (*Ebenus macrophylla* Jaub and Spach., *Gypsophila lepidioides* Boiss., *Linum flavum* L., *Onobrychis nitida* Boiss., *Paracaryum stenolophum* Boiss., *Psephellus recepii* Wagenitz & Kandemir, *Tanacetum heterotomum* (Bornm.)

Grierson, *Verbascum alyssifolium* Boiss.), Kireçtaşı *Alkanna megacarpa* DC., *Alyssum sibiricum* Willd., *Anthemis* sp., *Astragalus* sp., *Chrysophthalmum montanum* (DC.) Boiss, *Ebenus laguroides* Boiss., *Genista aucheri* Boiss., *Pelargonium endlicherianum* Fenzl., *Stachys sparsipilosa* R. Bhattacharjee & Hub-Mor.) ve Serpantin (*Artemisia squamata* L., *Consolida olopetala* (Boiss.) Hayek, *Convolvulus pseudoscammia* C. Koch., *Erysimum pulchellum* Willd., *Fumana aciphylla* Boiss., *Gladiolus halophilus* Boiss.& Heldr., *Hypericum thymbrifolium* Boiss & Noé, *Salvia indica* L.) habitatlarına özgü ve bu bölgelerde yetişebilen farklı familyalara ait bitkilerden 25 tanesi alanı temsil edecek miktarda aynı dönemlerde toplanmıştır. Örneklerin habitatlara özgü olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

Toplanan bitki örnekleri laboratuvar ortamında çiçek (petaller), yaprak ve kök şeklinde ayrılmıştır. Başlangıçta bitki örnekleri, etüvde 80 °C’de 1 gün süresince kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan numuneler, toz haline getirildikten sonra 1.5 mm’lik elek ile elenmiştir (Osma ve ark., 2016; Yavuzer ve Osma, 2018). Toprak numuneleri, çalışılan habitatların yüzey kısmı döküntülerden temizlenerek 10 cm’ lik derinlikten poşetlenmiştir. Numuneler, kontaminasyona karşı korunacak biçimde farklı noktalardan yaklaşık 300 g dolayında poşetlere alınmıştır. Sonrasında toprak örnekleri laboratuvarda hava kurusu ile kurutulduktan sonra 1.5 mm’lik elekten geçirilmiştir (Yavuzer ve Osma, 2018). Bitki ve toprak numunelerinden 0,5 g tartılarak mikrodalga kapları içerisine konulmuştur. Bitki numuneleri üzerine 2 ml H₂O₂ %30, 6 ml HNO₃ %65 eklenirken, toprak numuneleri üzerine 9 ml HCl %37, 3 ml HNO₃ %65 oranlarında ilave edilmiştir. Örnekler, 10 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda

homojenizasyonu sağlanmıştır. Kaplar, mikrodalgaya yerleştirildikten sonra 15 dakika 2000 °C ve 45 bar basınca kadar asit ortamda çözündürülmüştür. Kap içerisinde yakılan numuneler balon jodede 50 ml' ye tamamlanmıştır. 50 ml olan örneklerden teflon filtre ile 10 ml çekilmiştir. Son olarak, örneklerin ağır metal konsantrasyonlarını tespit etmek için örnekler falkon tüplere yerleştirilmiştir ve ICP-MS cihazında metal konsantrasyonu belirlenmiştir (Yavuzer ve Osmalı, 2018). Yapılan çalışmada elde edilen veriler SPSS 22 İstatistik Programı'nda değerlendirilmiştir. İstatistiki hesaplamalarda ve kıyaslamalarda $p \leq 0.05$ anlamlı olarak kabul edilmiştir. Elde edilen veriler, %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda örnekler arasındaki farklılıklar S-N-K ve Tukey's B ile tespit edilmiştir (Elveren ve Osmalı, 2022). Fitoremediasyon yönteminde bitkileri kullanabilmek için BCF ve TF değerleri hesaplanmaktadır. Bitkilerde metal alınımının büyüklüğü, Biriktirme Faktörü (Bioconcentration factor, BCF) şeklinde değerlendirilmektedir. Biriktirme faktörü bitkideki ağır metal derişiminin, topraktaki ağır metal derişimine oranlanması sonucu elde edilmektedir (Ladislas ve ark., 2012; Kılıç ve Ortakçılı, 2021).

Biyokümülyasyon faktörü (BCF) = Hasat edilen bitkideki ağır metal derişimi/Toprak ağır metal derişimi

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma doğal ortamlarda yapılmıştır. Çalışılan alanlarda Ba, Cd, Co, Cr, Pb metallerinin konsantrasyonunu tespit edilerek habitatlar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. Ba konsantrasyonu için, habitatlar arasında farklı veriler elde edilmiştir. Baryumun en fazla değerleri çiçekte ($52,47 \pm 1,96$ $\mu\text{g/g dw}$), kökte ($289,77 \pm 2,74$ $\mu\text{g/g dw}$) ve yaprakta ($201,00 \pm 1,98$ $\mu\text{g/g dw}$) kireçtaşı bölgesinde yetişen *Alkanna megacarpa* DC. bitkisinde görülmüştür. Toprak örnekleri incelendiğinde, Ba konsantrasyonu en fazla kireçtaşı habitatlarında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1). Genel olarak, Cd konsantrasyonu kireçtaşı bölgesinde yetişen bitkilerde ve toprakta yüksektir. Kadmiyum, en yüksek değere jipsli bölgelere özgü endemik *Gypsophila lepidioides* Boiss. bitki türünde sahip olduğu görülmüştür. Yapılan istatistiksel değerlendirmelerde lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Co konsantrasyonunun, özellikle serpantin bölgesinden toplanan örneklerde daha fazla olduğu gözlenmiştir. En fazla Kobalt konsantrasyonu, çiçekte ($28,08 \pm 4,29$ $\mu\text{g/g dw}$) *Fumana aciphylla* Boiss., yaprakta ($9,99 \pm 0,34$ $\mu\text{g/g dw}$) *Verbascum alyssifolium* Boiss., (kökte $31,24 \pm 1,52$ $\mu\text{g/g dw}$) *Anthemis* sp. bitki türlerinde belirlenmiştir. Toprakta Co konsantrasyonu serpantin alanlarda çok daha fazla olduğu görülmüştür. Her bir habitatta yetişen bitkilerde yapılan istatistiksel değerlendirmelerde Co elementi bakımından güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu gözlenmiştir (Tablo 3). Cr konsantrasyonu, genelde bitkilerin kök kısmında çiçek ve yapraklara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Cr, bitki kısımları içerisinde çiçekte ($316,27 \pm 49,55$ $\mu\text{g/g dw}$) serpantin bölgede yetişen *Fumana aciphylla* Boiss. en yüksek değere sahiptir. Toprakta Cr, ($323,795 \pm 14,60$ $\mu\text{g/g dw}$) en fazla serpantin bölgesindedir. 3 farklı habitatta yetişen bitkilerde ayrı istatistik değerlendirmeler yapılmış olup her bir lokasyonda yetişen bitkilerde Cr metali

bakımından anlamlı farklılıkların olduğu gözlenmiştir (Tablo 4). Pb konsantrasyonu, kireçtaşı bölgeden toplanan toprakta daha yüksektir. Kurşun, bitkilerde en yüksek değere serpantin bölgelerde yetişen *Fumana aciphylla* Boiss., ve *Erysimum pulchellum* Willd. bitki türlerinde sahip olduğu görülmüştür. Veriler incelendiğinde lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5).

BCF çalışılan metaller için ayrı ayrı hesaplanmıştır. BCF değerleri bitkilerde metal birikimini ve fitoremediasyon potansiyelini tespit etmek için kullanılmaktadır. $BCF > 1$ bitkinin metal akümülatörü olduğunu göstermektedir (Fellet ve ark. 2014). Buna göre çalışılan bitkilerin biyokonsantrasyon faktörleri incelendiğinde Ba metalinin *Salvia indica* L. ($BCF=3,69$) ve *Erysimum pulchellum* Willd. ($BCF=1,73$) Cd elementinin *Erysimum pulchellum* Willd. ($BCF=4,95$) serpantin alanlarda yetişen bitkilerde yüksek olduğu görülmüştür. Jipsli habitatlarda yetişen *Verbascum alyssifolium* Boiss. Co ($BCF=2,39$) ve Cr ($BCF=2,63$) olduğu tespit edilmiştir. Biyokonsantrasyon faktör değeri kireçtaşı habitatlarında yetişen *Anthemis* sp. bitki türünde Co ($BCF=1,32$) ve Cr ($BCF=1,63$) olarak belirlenmiştir (Tablo 6.). Bu çalışmada elde edilen metal verileri incelendiğinde Cr konsantrasyonu, bitkilerde ($5-30 \mu\text{g/g dw}$) ve toprakta ($5-100 \mu\text{g/g dw}$) olması gereken sınır değerlerinin üzerinde olduğu çalışılan bazı bitki türlerinde görülmüştür (Ross, 1994; Kabata-Pendias ve Pendias, 2000). Kobalt bazı bitkilerin farklı kısımlarında ($0,1-0,6 \mu\text{g/g dw}$) yüksek olduğu belirlenmiştir. Özellikle *Fumana aciphylla* Boiss., bitkisine ait çiçeklerde krom ve kobalt konsantrasyonu olması gereken sınır değerlerinden oldukça yüksektir. Cd ve Pb konsantrasyonu, bitkilerde ($0,01-2,4$) ($5-10 \mu\text{g/g dw}$) ve topraklarda ($0,01-2 \mu\text{g/g dw}$) ($2-300 \mu\text{g/g dw}$) normal sınır değerleri içerisindedir (Ross, 1994; Kabata-Pendias ve Pendias, 2000). Yapılan bu çalışmada elde edilen Ba konsantrasyonu, bitkilerde özellikle kök kısmında olması gereken değerler ($4-50 \mu\text{g/g dw}$) üzerinde olup toprakta ($15-3,500 \mu\text{g/g dw}$) normal değerler içerisindedir. Çalışılan bitkilerin çiçek, yaprak ve kök kısımları habitatlara göre istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Jips, kireçtaşı ve serpantin alanlarında bitkilerin yaprak kısımlarında Kadmiyum ve Baryum metali bakımından farklı olmayıp diğer metallerde farklılık olduğu görülmüştür. Kadmiyum ve Krom metallerinin bitkilerin kök kısmında çalışılan habitatlarda farklılık göstermediği tespit edilmiştir (Tablo 7).

Literatür incelendiğinde metaller ile ilgili çalışmaların daha çok çevre kirliliğinin olduğu alanlarda yapıldığı bilinmektedir. Doğal alanlarda metal birikimi ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça az sayıdadır. Bu çalışmada elde edilen veriler daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Reeves ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada Kızıldağ'da (Çamlık, Konya) serpantin alanlardan toplanan bitkilerin yapraklarında element konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Bitki yapraklarında Cr ($0,4-4,7 \mu\text{g/g dw}$) ve Co ($0,1-9,6 \mu\text{g/g dw}$) değerleri arasında veriler elde etmişler olup bu çalışmada elde edilen veriler ile genel olarak benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Lazaro ve ark. (2006), Ghaderian and Baker (2007), Hsiao ve ark. (2007) yaptıkları çalışmalarda serpantin

bölgelerde yetişen bitkilerde Cr elementi ile ilgili elde ettikleri veriler, bu çalışmada elde edilen veriler ile örtüştüğü görülmüştür. Konya'nın Kızıldağ bölgesinde yer alan serpantin habitatlardan toplanan bitki kısımları ile yetiştikleri topraklarda elde edilen Cr ve Co konsantrasyonu bu çalışmada elde edilen veriler ile paraleldir (Aksoy ve ark. 2015). Kayseri ilinin Yahyalı ilçesinde bulunan serpantin habitatlardan topladıkları bitkilerin yer altı ve yer üstü kısımları ile yetiştikleri topraklarda yapılan element analizlerinde elde etmiş oldukları Cr konsantrasyonu bu çalışmada elde edilen veriler ile örtüşmektedir (Çelik ve ark. 2018). Osma and Kandemir (2014) yaptıkları çalışmada elde ettikleri veriler ile bu çalışmada elde edilen verilerin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Farklı habitatlarda yetişen bitki ve topraklarda Ba konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık).

Habitat	Bitki türü	Çiçek		Yaprak		Kök		Toprak	
	<i>Gypsophila lepidioides</i> Boiss.	4,25	± 0,63 ^a	10,36	± 0,06 ^a	32,35	± 0,32 ^c		
	<i>Onobrychis nitida</i> Boiss.	14,00	± 0,68 ^c	5,86	± 0,10 ^a				
	<i>Paracaryum stenolophum</i> Boiss.	3,65	± 1,16 ^a	149,59	± 0,57 ^e	88,22	± 1,29 ^g		
	<i>Psephellus recepii</i> Wagenitz & Kandemir	2,17	± 0,05 ^a	23,14	± 4,87 ^c	7,75	± 0,21 ^a	136,57	± 1,31 ^b
	<i>Ebenus macrophylla</i> Jaub and Spach	3,52	± 0,07 ^a	6,52	± 0,03 ^a	36,94	± 0,83 ^d		
	<i>Tanacetum heterotomum</i> (Bornm.) Grierson	15,44	± 1,19 ^c	35,09	± 0,95 ^d	43,43	± 0,62 ^f		
	<i>Verbascum alyssifolium</i> Boiss.	4,29	± 0,16 ^a	17,73	± 0,34 ^b	24,93	± 0,54 ^b		
Jips	<i>Linum flavum</i> L.	7,69	± 0,17 ^b	26,44	± 1,85 ^c	39,14	± 0,62 ^e		
	<i>Alkanna megacarpa</i> DC.	52,47	± 1,96 ^f	201,00	± 1,98 ^f	289,77	± 2,74 ^h		
	<i>Alyssum sibiricum</i> Willd.	33,86	± 1,32 ^e	19,38	± 0,12 ^c	44,84	± 1,61 ^e		
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	7,96	± 0,44 ^c	5,89	± 0,04 ^a	7,08	± 0,23 ^a		
	<i>Pelargonium endlicherianum</i> Fenzl.	24,92	± 1,47 ^c	26,83	± 0,16 ^e	77,71	± 0,85 ^g		
	<i>Stachys sparsipilosa</i> R.Bhattacharjee & Hub.Mor.	9,26	± 0,34 ^c	8,68	± 1,93 ^a	54,97	± 0,83 ^f	297,82	± 22,65 ^c
	<i>Anthemis</i> sp.	9,72	± 0,45 ^c	16,53	± 0,28 ^c	32,01	± 1,29 ^d		
	<i>Astragalus</i> sp.	4,80	± 0,41 ^b	27,41	± 0,23 ^e	25,31	± 0,52 ^c		
	<i>Chrysophthalmum montanum</i> (DC.) Boiss.	1,78	± 0,02 ^a	12,52	± 0,52 ^b	19,67	± 2,41 ^b		
Kireçtaşı	<i>Ebenus laguroides</i> Boiss.	11,16	± 0,48 ^c	23,21	± 0,18 ^d	46,06	± 1,31 ^e		
	<i>Convolvulus pseudoscammia</i> C. Koch.	1,64	± 0,07 ^a	8,48	± 0,06 ^a	23,92	± 3,58 ^c		
	<i>Artemisia squamata</i> L.	2,66	± 0,14 ^{ab}	8,26	± 0,10 ^a	10,11	± 0,35 ^a		
	<i>Erysimum pulchellum</i> Willd.	14,34	± 0,61 ^c	51,70	± 9,83 ^c	54,90	± 0,48 ^d		
	<i>Hypericum thymbrifolium</i> Boiss & Noé	6,56	± 0,17 ^b	8,09	± 0,17 ^a	17,04	± 0,32 ^b	31,66	± 1,57 ^a
	<i>Fumana aciphylla</i> Boiss.	25,28	± 3,24 ^d	28,52	± 0,08 ^b	20,80	± 0,37 ^{bc}		
	<i>Gladiolus halophilus</i> Boiss.& Heldr.	4,54	± 0,06 ^{ab}	62,06	± 0,18 ^d	23,92	± 0,56 ^c		
	<i>Salvia indica</i> L.	17,44	± 0,05 ^c	104,88	± 0,75 ^e	116,94	± 1,26 ^e		
Serpantin	<i>Consolida olopetala</i> (Boiss.) Hayek	5,32	± 0,06 ^{ab}	9,28	± 0,24 ^a	10,92	± 0,31 ^a		

Tablo 2. Farklı habitatlarda yetişen bitki ve topraklarda Cd konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık).

Habitat	Bitki türü	Çiçek			Yaprak			Kök			Toprak		
	<i>Gypsophila lepidioides</i> Boiss.	0,33	±	0,06 ^c	0,82	±	0,01 ^d	0,37	±	0,00 ^e	0,34	±	0,00 ^b
	<i>Onobrychis nitida</i> Boiss.	0,05	±	0,00 ^{ab}	0,10	±	0,01 ^b						
	<i>Paracaryum stenolophum</i> Boiss.	0,15	±	0,05 ^b	0,18	±	0,00 ^c	0,11	±	0,00 ^a			
	<i>Psephellus recepii</i> Wagenitz & Kandemir	0,06	±	0,00 ^{ab}	0,13	±	0,02 ^b	0,12	±	0,00 ^a			
	<i>Ebenus macrophylla</i> Jaub and Spach	0,03	±	0,00 ^a	0,02	±	0,00 ^a	0,14	±	0,00 ^b			
	<i>Tanacetum heterotomum</i> (Bornm.) Grierson	0,04	±	0,00 ^{ab}	0,12	±	0,00 ^b	0,25	±	0,00 ^d			
	<i>Verbascum alyssifolium</i> Boiss.	0,02	±	0,00 ^a	0,05	±	0,00 ^a	0,12	±	0,00 ^a			
Jips	<i>Linum flavum</i> L.	0,05	±	0,00 ^{ab}	0,02	±	0,01 ^a	0,22	±	0,00 ^c			
	<i>Alkanna megacarpa</i> DC.	0,08	±	0,01 ^c	0,07	±	0,00 ^c	0,33	±	0,00 ^e	1,21	±	0,02 ^c
	<i>Alyssum sibiricum</i> Willd.	0,10	±	0,01 ^d	0,03	±	0,00 ^{ab}	0,31	±	0,01 ^e			
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	0,04	±	0,00 ^b	0,01	±	0,00 ^a	0,02	±	0,00 ^a			
	<i>Pelargonium endlicherianum</i> Fenzl.	0,11	±	0,02 ^d	0,04	±	0,00 ^b	0,11	±	0,00 ^{bc}			
	<i>Stachys sparsipilosa</i> R.Bhattacharjee & Hub.Mor.	0,02	±	0,01 ^b	0,10	±	0,01 ^d	0,05	±	0,00 ^{ab}			
	<i>Anthemis</i> sp.	0,16	±	0,00 ^e	0,31	±	0,01 ^e	0,17	±	0,01 ^d			
	<i>Astragalus</i> sp.	0,03	±	0,00 ^b	0,06	±	0,00 ^c	0,14	±	0,00 ^{cd}			
	<i>Chrysophthalmum montanum</i> (DC.) Boiss.	0,20	±	0,00 ^f	0,55	±	0,01 ^f	0,63	±	0,05 ^f			
Kireçtaşı	<i>Ebenus laguroides</i> Boiss.	0,01	±	0,00 ^a	0,01	±	0,00 ^a	0,08	±	0,00 ^{bc}			
	<i>Convolvulus pseudoscammia</i> C. Koch.	0,00	±	0,00 ^a	0,03	±	0,00 ^a	0,10	±	0,03 ^b	0,22	±	0,01 ^a
	<i>Artemisia squamata</i> L.	0,00	±	0,00 ^a	0,02	±	0,00 ^a	0,05	±	0,00 ^a			
	<i>Erysimum pulchellum</i> Willd.	0,37	±	0,01 ^e	0,80	±	0,13 ^b	1,09	±	0,01 ^e			
	<i>Hypericum thymbrifolium</i> Boiss & Noé	0,03	±	0,00 ^c	0,02	±	0,00 ^a	0,06	±	0,01 ^a			
	<i>Fumana aciphylla</i> Boiss.	0,07	±	0,01 ^d	0,12	±	0,00 ^a	0,19	±	0,00 ^d			
	<i>Gladiolus halophilus</i> Boiss.& Heldr.	0,01	±	0,00 ^{ab}	0,01	±	0,00 ^a	0,03	±	0,00 ^a			
	<i>Salvia indica</i> L.	0,03	±	0,00 ^{bc}	0,05	±	0,00 ^a	0,04	±	0,00 ^a			
Serpantin	<i>Consolida olopetala</i> (Boiss.) Hayek	0,04	±	0,00 ^c	0,03	±	0,00 ^a	0,13	±	0,00 ^c			

Tablo 3. Farklı habitatlarda yetişen bitki ve topraklarda Co konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık).

Habitat	Bitki türü	Çiçek		Yaprak		Kök		Toprak	
	<i>Gypsophila lepidioides</i> Boiss.	1,79	± 0,26 ^d	2,43	± 0,05 ^d	2,05	± 0,02 ^b		
	<i>Onobrychis nitida</i> Boiss.	1,05	± 0,06 ^{bc}	0,67	± 0,01 ^{ab}				
	<i>Paracaryum stenolophum</i> Boiss.	0,98	± 0,23 ^{bc}	2,34	± 0,07 ^d	2,25	± 0,04 ^b		
	<i>Psephellus recepii</i> Wagenitz & Kandemir	0,34	± 0,02 ^a	0,55	± 0,02 ^{ab}	0,83	± 0,02 ^a	11,13	± 0,15 ^a
	<i>Ebenus macrophylla</i> Jaub and Spach	0,64	± 0,02 ^{ab}	0,91	± 0,01 ^b	5,19	± 0,16 ^c		
	<i>Tanacetum heterotomum</i> (Bornm.) Grierson	1,35	± 0,15 ^c	1,67	± 0,12 ^c	2,35	± 0,05 ^b		
	<i>Verbascum alyssifolium</i> Boiss.	5,37	± 0,14 ^e	9,99	± 0,34 ^e	26,66	± 0,51 ^d		
Jips	<i>Linum flavum</i> L.	1,92	± 0,04 ^d	0,37	± 0,01 ^a	4,81	± 0,08 ^c		
	<i>Alkanna megacarpa</i> DC.	3,46	± 0,60 ^b	1,22	± 0,01 ^b	9,78	± 0,30 ^c		
	<i>Alyssum sibiricum</i> Willd.	5,06	± 0,41 ^b	0,29	± 0,01 ^a	6,27	± 0,52 ^b		
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	0,81	± 0,10 ^a	0,23	± 0,00 ^a	0,54	± 0,02 ^a		
	<i>Pelargonium endlicherianum</i> Fenzl.	1,92	± 0,11 ^b	0,38	± 0,02 ^a	0,96	± 0,02 ^a		
	<i>Stachys sparsipilosa</i> R.Bhattacharjee & Hub.Mor.	0,54	± 0,02 ^a	0,27	± 0,01 ^a	1,98	± 0,03 ^a	23,62	± 0,42 ^b
	<i>Anthemis sp.</i>	4,40	± 0,41 ^b	3,96	± 0,08 ^d	31,24	± 1,52 ^d		
	<i>Astragalus sp.</i>	3,63	± 1,29 ^b	3,18	± 0,11 ^c	6,02	± 0,13 ^b		
	<i>Chrysophthalmum montanum</i> (DC.) Boiss.	0,30	± 0,01 ^a	1,20	± 0,06 ^b	1,68	± 0,09 ^a		
Kireçtaşı	<i>Ebenus laguroides</i> Boiss.	0,53	± 0,03 ^a	1,27	± 0,05 ^b	1,62	± 0,06 ^a		
	<i>Convolvulus pseudoscammania</i> C. Koch.	2,18	± 0,07 ^a	3,01	± 0,16 ^b	7,52	± 1,03 ^c		
	<i>Artemisia squamata</i> L.	1,75	± 0,30 ^a	1,08	± 0,01 ^a	3,06	± 0,14 ^a		
	<i>Erysimum pulchellum</i> Willd.	1,19	± 0,05 ^a	3,09	± 0,98 ^b	2,74	± 0,05 ^a		
	<i>Hypericum thymbrifolium</i> Boiss & Noé	9,57	± 0,79 ^b	9,73	± 1,08 ^c	26,84	± 0,69 ^e	61,75	± 2,04 ^c
	<i>Fumana aciphylla</i> Boiss.	28,08	± 4,29 ^c	1,82	± 0,05 ^{ab}	5,08	± 0,13 ^b		
	<i>Gladiolus halophilus</i> Boiss.& Heldr.	1,74	± 0,04 ^a	0,68	± 0,01 ^a	20,67	± 0,58 ^d		
	<i>Salvia indica</i> L.	1,39	± 0,02 ^a	9,65	± 0,28 ^c	8,45	± 0,19 ^c		
Serpantin	<i>Consolida olopetala</i> (Boiss.) Hayek	0,87	± 0,03 ^a	0,84	± 0,03 ^a	3,97	± 0,15 ^{ab}		

Tablo 4. Farklı habitatlarda yetişen bitki ve topraklarda Cr konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık).

Habitat	Bitki türü	Çiçek		Yaprak		Kök		Toprak	
	<i>Gypsophila lepidioides</i> Boiss.	12,28	± 3,58 ^b	2,51	± 0,13 ^a	3,23	± 0,09 ^a		
	<i>Onobrychis nitida</i> Boiss.	6,81	± 0,42 ^{ab}	3,81	± 0,24 ^a				
	<i>Paracaryum stenolophum</i> Boiss.	6,70	± 0,54 ^{ab}	17,62	± 2,22 ^c	13,64	± 0,12 ^{bc}		
	<i>Psephellus recepii</i> Wagenitz & Kandemir	4,11	± 0,41 ^a	2,74	± 0,16 ^a	9,96	± 0,34 ^b	50,98	± 0,94 ^a
	<i>Ebenus macrophylla</i> Jaub and Spach	4,08	± 0,14 ^a	3,60	± 0,04 ^a	33,93	± 2,39 ^d		
	<i>Tanacetum heterotomum</i> (Bornm.) Grierson	9,30	± 1,04 ^{ab}	8,75	± 0,63 ^b	16,95	± 0,42 ^c		
	<i>Verbascum alyssifolium</i> Boiss.	32,16	± 2,24 ^c	53,89	± 2,14 ^d	134,52	± 3,05 ^e		
Jips	<i>Linum flavum</i> L.	10,44	± 0,34 ^{ab}	3,36	± 0,25 ^a	30,85	± 0,47 ^d		
	<i>Alkanna megacarpa</i> DC.	31,15	± 9,29 ^{cd}	8,11	± 0,11 ^b	44,09	± 1,53 ^c		
	<i>Alyssum sibiricum</i> Willd.	25,05	± 1,74 ^{cd}	1,51	± 0,03 ^a	27,79	± 1,11 ^b		
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	7,49	± 1,04 ^{ab}	1,60	± 0,03 ^a	3,38	± 0,10 ^a		
	<i>Pelargonium endlicherianum</i> Fenzl.	36,32	± 1,84 ^d	2,99	± 0,31 ^a	5,81	± 0,21 ^a		
	<i>Stachys sparsipilosa</i> R.Bhattacharjee & Hub.Mor.	11,88	± 0,98 ^{ab}	1,86	± 0,27 ^a	16,00	± 0,75 ^a	124,04	± 2,72 ^b
	<i>Anthemis sp.</i>	29,06	± 4,77 ^{cd}	17,88	± 1,12 ^d	202,55	± 9,23 ^d		
	<i>Astragalus sp.</i>	20,09	± 6,09 ^{bc}	14,37	± 0,66 ^c	27,85	± 1,82 ^b		
	<i>Chrysophthalmum montanum</i> (DC.) Boiss.	1,79	± 0,02 ^a	7,27	± 0,39 ^b	7,11	± 0,81 ^a		
Kireçtaşı	<i>Ebenus laguroides</i> Boiss.	7,35	± 1,02 ^{ab}	2,81	± 0,23 ^a	7,53	± 0,29 ^a		
	<i>Convolvulus pseudoscammiana</i> C. Koch.	8,78	± 0,11 ^a	10,09	± 0,57 ^a	22,27	± 1,69 ^b		
	<i>Artemisia squamata</i> L.	9,51	± 1,29 ^a	5,28	± 0,11 ^a	9,80	± 0,51 ^a		
	<i>Erysimum pulchellum</i> Willd.	8,69	± 0,29 ^a	13,42	± 3,96 ^a	18,89	± 0,32 ^b		
	<i>Hypericum thymbrifolium</i> Boiss & Noé	42,97	± 3,56 ^a	56,72	± 7,99 ^c	132,40	± 3,12 ^e	323,80	± 14,61 ^c
	<i>Fumana aciphylla</i> Boiss.	316,27	± 49,55 ^b	3,77	± 0,29 ^a	8,00	± 0,16 ^a		
	<i>Gladiolus halophilus</i> Boiss.& Heldr.	9,61	± 0,50 ^a	3,04	± 0,19 ^a	103,90	± 5,72 ^d		
	<i>Salvia indica</i> L.	7,58	± 0,31 ^a	38,77	± 1,33 ^b	38,80	± 0,73 ^c		
Serpantin	<i>Consolida olopetala</i> (Boiss.) Hayek	3,57	± 0,23 ^a	3,55	± 0,09 ^a	11,38	± 0,50 ^a		

Tablo 5. Farklı habitatlarda yetişen bitki ve topraklarda Pb konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık).

Habitat	Bitki türü	Çiçek			Yaprak			Kök			Toprak		
	<i>Gypsophila lepidioides</i> Boiss.	2,33	±	0,82 ^b	1,46	±	0,01 ^c	2,94	±	0,08 ^c			
	<i>Onobrychis nitida</i> Boiss.	0,65	±	0,06 ^a	0,54	±	0,02 ^a						
	<i>Paracaryum stenolophum</i> Boiss.	0,77	±	0,08 ^a	2,02	±	0,09 ^e	2,23	±	0,05 ^b			
	<i>Psephellus recepii</i> Wagenitz & Kandemir	0,44	±	0,08 ^a	0,40	±	0,05 ^a	1,43	±	0,04 ^a	25,76	±	0,21 ^b
	<i>Ebenus macrophylla</i> Jaub and Spach	0,43	±	0,02 ^a	0,71	±	0,04 ^b	4,54	±	0,14 ^e			
	<i>Tanacetum heterotomum</i> (Bornm.) Grierson	1,10	±	0,09 ^a	1,80	±	0,09 ^d	2,90	±	0,05 ^c			
	<i>Verbascum alyssifolium</i> Boiss.	0,47	±	0,03 ^a	2,16	±	0,04 ^e	3,47	±	0,09 ^d			
Jips	<i>Linum flavum</i> L.	1,08	±	0,03 ^a	0,78	±	0,04 ^b	6,27	±	0,11 ^f			
	<i>Alkanna megacarpa</i> DC.	1,20	±	0,15 ^{ab}	1,53	±	0,19 ^b	4,74	±	0,07 ^f			
	<i>Alyssum sibiricum</i> Willd.	2,92	±	0,24 ^c	0,50	±	0,03 ^a	4,37	±	0,11 ^{ef}			
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	0,67	±	0,07 ^a	0,80	±	0,11 ^a	0,73	±	0,09 ^a			
	<i>Pelargonium endlicherianum</i> Fenzl.	2,28	±	0,12 ^{bc}	0,83	±	0,02 ^a	1,84	±	0,04 ^b			
	<i>Stachys sparsipilosa</i> R.Bhattacharjee & Hub.Mor.	1,09	±	0,14 ^{ab}	0,48	±	0,04 ^a	2,53	±	0,01 ^c	56,94	±	1,28 ^c
	<i>Anthemis</i> sp.	0,88	±	0,05 ^a	1,59	±	0,04 ^b	2,83	±	0,12 ^c			
	<i>Astragalus</i> sp.	0,71	±	0,12 ^a	1,87	±	0,04 ^b	3,44	±	0,29 ^d			
	<i>Chrysophthalmum montanum</i> (DC.) Boiss.	0,34	±	0,03 ^a	3,67	±	0,22 ^c	4,20	±	0,30 ^e			
Kireçtaşı	<i>Ebenus laguroides</i> Boiss.	3,10	±	1,02 ^c	0,44	±	0,04 ^a	1,43	±	0,07 ^b			
	<i>Convolvulus pseudoscammania</i> C. Koch.	0,22	±	0,02 ^a	0,77	±	0,02 ^b	1,56	±	0,25 ^d			
	<i>Artemisia squamata</i> L.	0,46	±	0,12 ^a	0,43	±	0,03 ^a	0,32	±	0,02 ^a			
	<i>Erysimum pulchellum</i> Willd.	2,33	±	0,10 ^b	2,04	±	0,17 ^e	10,05	±	0,44 ^e			
	<i>Hypericum thymbrifolium</i> Boiss & Noé	0,71	±	0,04 ^a	0,91	±	0,07 ^{bc}	1,30	±	0,23 ^d	14,97	±	0,22 ^a
	<i>Fumana aciphylla</i> Boiss.	4,50	±	0,49 ^c	0,85	±	0,14 ^b	1,60	±	0,17 ^d			
	<i>Gladiolus halophilus</i> Boiss.& Heldr.	0,44	±	0,04 ^a	0,36	±	0,07 ^a	1,14	±	0,06 ^{cd}			
	<i>Salvia indica</i> L.	0,34	±	0,02 ^a	1,23	±	0,03 ^d	0,97	±	0,03 ^{abc}			
Serpantin	<i>Consolida olopetala</i> (Boiss.) Hayek	0,22	±	0,02 ^a	0,63	±	0,05 ^{ab}	0,47	±	0,04 ^{ab}			

Tablo 6. Farklı habitatlarda yetişen bitkilerin BCF (Bioconcentration factor) değerleri.

Habitat	Bitki türü	Ba	Cd	Co	Cr	Pb
	<i>Gypsophila lepidioides</i> Boiss.	0,24	1,09	0,18	0,06	0,11
	<i>Onobrychis nitida</i> Boiss.					
	<i>Paracaryum stenolophum</i> Boiss.	0,65	0,32	0,20	0,27	0,09
	<i>Psephellus recepii</i> Wagenitz & Kandemir	0,06	0,35	0,07	0,20	0,06
	<i>Ebenus macrophylla</i> Jaub and Spach	0,27	0,41	0,47	0,67	0,18
	<i>Tanacetum heterotomum</i> (Bornm.) Grierson	0,32	0,74	0,21	0,33	0,11
	<i>Verbascum alyssifolium</i> Boiss.	0,18	0,35	2,40	2,64	0,13
Jips	<i>Linum flavum</i> L.	0,29	0,65	0,43	0,61	0,24
	<i>Alkanna megacarpa</i> DC.	0,97	0,27	0,41	0,36	0,08
	<i>Alyssum sibiricum</i> Willd.	0,15	0,26	0,27	0,22	0,08
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01
	<i>Pelargonium endlicherianum</i> Fenzl.	0,26	0,09	0,04	0,05	0,03
	<i>Stachys sparsipilosa</i> R.Bhattacharjee & Hub.Mor.	0,18	0,04	0,08	0,13	0,04
	<i>Anthemis</i> sp.	0,11	0,14	1,32	1,63	0,05
	<i>Astragalus</i> sp.	0,08	0,12	0,25	0,22	0,06
	<i>Chrysophthalmum montanum</i> (DC.) Boiss.	0,07	0,52	0,07	0,06	0,07
Kalker	<i>Ebenus laguroides</i> Boiss.	0,15	0,07	0,07	0,06	0,03
	<i>Convolvulus pseudoscammania</i> C. Koch.	0,76	0,45	0,12	0,07	0,10
	<i>Artemisia squamata</i> L.	0,32	0,23	0,05	0,03	0,02
	<i>Erysimum pulchellum</i> Willd.	1,73	4,95	0,04	0,06	0,67
	<i>Hypericum thymbrifolium</i> Boiss & Noé	0,54	0,27	0,43	0,41	0,09
	<i>Fumana aciphylla</i> Boiss.	0,66	0,86	0,08	0,02	0,11
	<i>Gladiolus halophilus</i> Boiss.& Heldr.	0,76	0,14	0,33	0,32	0,08
	<i>Salvia indica</i> L.	3,69	0,18	0,14	0,12	0,06
Serpantin	<i>Consolida olopetala</i> (Boiss.) Hayek	0,34	0,59	0,06	0,04	0,03

Tablo 7. Farklı habitatlarda yetişen bitkilerin yaprak ve köklerinde metallerin istatistiksel değerlendirilmesi (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık).

Habitat	Metal	Yaprak			Kök		
		Kireçtaşı	Jips	Serpantin	Kireçtaşı	Jips	Serpantin
	Ba	43,10 ^a	36,47 ^a	34,34 ^a	66,37 ^b	38,96 ^a	34,81 ^a
	Cd	0,13 ^a	0,18 ^a	0,12 ^a	0,20 ^a	0,19 ^a	0,21 ^a
	Co	1,44 ^a	2,36 ^b	4,27 ^c	6,67 ^a	6,30 ^a	9,79 ^b
	Cr	17,82 ^b	12,03 ^a	38,01 ^c	34,72 ^a	38,01 ^a	43,17 ^a
	Pb	1,30 ^b	1,23 ^b	0,93 ^a	2,90 ^b	3,39 ^b	2,17 ^a

4. Sonuç

Ağır metallerin sanayi vb. gibi birçok alanda aşırı miktarda kullanılması her geçen gün ekosistemdeki etkinliğini artırdığı bilinmektedir. Bu çalışma farklı habitatların ağır metal içeriğinin tespit edilmesi bakımından kirlilik çalışmalarından farklıdır. Ağır metallerin bitkiler tarafından alınması, bünyesinde kullanılması veya biriktirilmesi gibi süreçler toprağın fiziki ve kimyasal özelliklerinin yanında bitkinin fizyolojik ve genetik yapısı ile yaşadıkları ortamın çevre koşullarına da bağlıdır. Sonuç olarak, yapılan bu çalışma ile habitatlar arasında ağır metal konsantrasyonu bakımından farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Çalışma ile bitkilerin generatif ve vejetatif kısımlarında metal birikiminin farklı olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte bitkilerin BCF değerleri hesaplanarak bazı bitkilerin akümülatör özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Ağır metal kirliliğinin giderilmesi noktasında bu bitkilerin kullanılmasına yönelik çalışmalara devam edilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi BAP (FBA-2022-824) No'lu proje kapsamında çalışılmıştır. Ayrıca bitki teşhislerini yapan Prof. Dr. Ali KANDEMİR' e teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

Kaynakça

- Afraa G., Ahlam I., Al- Masri MS. Geochemical study of heavy metals (lead, cadmium, copper, and zinc) in the rocks and sediments of Latakia sheet, Syria, and their environmental impact. Research Square, 2022; 1-25.
- Aksoy A., Leblebici Z., Prasad MNV. Metal accumulating plants from serpentine habitats of Kızıldağ, Konya Province of Turkey. Australian Journal of Botany 2015; 63(3-4): 372-378.
- Aktaş S. Determination of some elements in silver industry ore and waste by ICP-OES. Kütahya Dumlupınar University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Chemistry Master's Thesis, 2019; 82 p.
- Alloway BJ. Heavy metals in soils blackie academic & professional: london, UK.Salonen, V; Korkka-Niemi. influence of parent sediments on the concentration of heavy metals in urban and suburban soils in turku, Finland. Applied Geochemistry 1990; 22:906-918.
- Alphen JG., Rios Romero F. Gypsiferous soils notes on their characteristics and management. International Institute for Land Reclamation and Improvement / Wageningen / The Netherlands, 1971.

- Aradhi K., Krishna AK., Satyanarayanan M., Pradip K., Govil PK. Assessment of heavy metal pollution in water using multivariate statistical techniques in an industrial area: a case study from Patancheru, Medak District, Andhra Pradesh India. *Journal of Hazardous Material* 2009; 167: 336–373.
- Asma MÇ., Asghar J. Variation of Ba concentrations in some plants grown in Pakistan depending on traffic density. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02334-2>.
- Brady KU., Kruckeberg AR., Bradshaw HD. Jr. Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 2005; 36: 243-266.
- Çelik J., Aksoy A., Leblebici L. Metal hyperaccumulating Brassicaceae from the ultramafic area of Yahyalı in Kayseri province, Turkey. *Ecological Research* 2018; 33: 705–713.
- Cetin M., Jawed AA. Variation of Ba concentrations in some plants grown in Pakistan depending on traffic density. *Biomass Conversion and Biorefinery* 2022.
- DeHart KS., Meindl GA., Bain DJ., Ashman TL. Elemental composition of serpentine plants depends on habitat affinity and organ type. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 2014; 177: 851–859.
- Fellet G., Marmioli M., Marchiol L. Elements uptake by metal accumulator species grown on mine tailings amended with three types of biochar, *Science of the Total Environment* 2014; 468, 598-608.
- Elveren M., Osma E. Farklı özellikteki tencerelerde pişirilen sebzelerde element birikiminin araştırılması. *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 2021; 8(2): 732-738.
- Ferner DJ. Toxicity, heavy metals. *eMedical Journal* 2001; 2-1.
- Ghaderian SM., Baker AJM. Geobotanical and biogeochemical reconnaissance of the ultramafics of Central Iran. *Journal of Geochemical Exploration*, 2007; 92: 34–42.
- Harrison S., Rajakaruna N. *Serpentine: The evolution and ecology of a model system*; University of California Press: Berkeley, CA, USA, 2011; Available online: <https://muse.jhu.edu/chapter/954521> (accessed on 1 February 2021).
- Herrero J., Porta J. The terminology and the concepts of gypsum-rich soils. *Geoderma* 2000; 96: 47-61.
- Hsiao KH., Kao PH., Hseu ZY. Effects of chelators on chromium and nickel uptake by *Brassica juncea* on serpentine-mine tailings for phytoextraction. *Journal of Hazardous Materials* 2007; 148: 366–376.
- Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in soils and plants. CRC. Press, London (1992), New York, 2000; 215-349s.
- Kandemir A., Türkoğlu Hİ., Yıldız F. Some observations and recommendations on the flora of Erzincan (Turkey). *Bağbahçe Bilim Dergisi* 2022; 9(1): 34-63.
- Karacocuk T., Sevik H., Isinkaralar K., Turkyilmaz A., Cetin M. The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering* 2021; <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00483-6>
- Kazakou E., Dimitrakopoulos PG., Baker AJM., Reeves RD., Troumbis AY. Hypotheses, mechanisms and trade-offs of tolerance and adaptation to serpentine soils: From species to ecosystem level. *Biological Reviews* 2008; 83: 495–508.

- Kılıç DD., Ortakçı G. Heavy Metal accumulations in some terrestrial endemic and non-endemic plants in mine sites (Elazığ/Turkey). *International Journal of Agriculture and Wildlife Science* 2021; 7(1): 126 - 136.
- Lazaro JD., Kidd PS., C. Marti'nez M. A phytogeochemical study of the Tra's-os-Montes region (NE Portugal): Possible species for plant-based soil remediation technologies. *Science of the Total Environment* 2006; 354: 265-277.
- Ladislav S., El Mufleh A., Gérente C., Chazarenc F., Andrès Y., Béchet B. Potential of aquatic macrophytes as bioindicators of heavy metal pollution in urban stormwater runoff. *Water, Air, & Soil Pollution* 2012; 223(2): 877-888.
- Laishram P., Kshetrimayum KS. Evaluation of hydrochemical data using multivariate statistical methods to elucidate heavy metal contamination in shallow aquifers of the Manipur valley in Indo-Myanmar Range. *Arabian Journal of Geosciences* 2019; 12: 337
- Manteca-Bautista D., Andrés V., Pérez-Latorre HF., Noelia HT. Metal accumulation by *Alyssum serpyllifolium* subsp. *malacitanum* Rivas Goday (Brassicaceae) across different petrographic entities in South-Iberian ultramafic massifs: plant-soil relationships and prospects for phytomining. *International Journal of Phytoremediation* 2022; 24(12): 1301-1309.
- Marschner H. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. San Diego (US): Academic Press, 2016.
- Meindl GA., Poggioli MI., Bain DJ., Colón MA., Ashman TL. A Test of the inadvertent uptake hypothesis using plant species adapted to serpentine soil. *Soil Systems* 2021; 5: 34. <https://doi.org/10.3390/soilsystems5020034>
- Munzuroğlu FK., Zengin Ö. Effects of lead (Pb⁺⁺) and copper (Cu⁺⁺) on the growth of root, shoot and leaf of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 2004; 17: 1-10.
- Nolan K. Copper toxicity syndrome. *Journal of Orthomol Psychiatry* 2003; 12: 270–282.
- Nriagu JO., Pacyna J. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soil by trace metals. *Nature* 1988; 333: 134-139.
- Osma E., Kandemir A. Analysing the effect of elements upon some endemic Plants spreading over different habitats. *Feb-Fresenius Environmental Bulletin* 2016; 25(7): 2454-2460.
- Osma E., Mutlu S., Aksoy A., İlhan V. Effect of irrigation water on accumulation of heavy metal and mineral element in some vegetables. *Journal of The Institute of Science and Technology* 2016; 6(2): 49-58.
- Özdeniz E., Bölükbaşı A., Kurt L., Özbey BG. Ecology of gypsophile plants. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 2016; 4(2): 57-62.
- Özdeniz E., Özbey BG., Kurt L., Bölükbaşı A. Serpentine ecology and contributions to the serpentine flora of Turkey. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2017; 5(1): 22-33.
- Palacio S, Escudero A, Montserrat-Marti G, Maestro M, Milla R, Albert MJ. Plants living on gypsum: Beyond the specialist model. *Ann Bot-London*, 2007; 99: 333–343.

- Patterson JBE. Metal toxicities arising from industry. pages. 193-207 In trace elements in soils and crops. MAFF Technical Bull. No. 21 Her Majesty's Stationery Office, London. 1971; <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.htm>
- Premananda LK., Kshetrimayum S. Evaluation of hydrochemical data using multivariate statistical methods to elucidate heavy metal contamination in shallow aquifers of the Manipur valley in Indo-Myanmar Range. *Arabian Journal of Geosciences* 2019; 12-337.
- Reeves RD., Adıgüzel N., Baker AJM. Nickel hyperaccumulation in *Bornmuellera kiyakii* Aytaç & Aksoy and associated plants of the Brassicaceae from Kızıldağ (Derebucak, Konya-Turkey). *Turkish Journal of Botany* 2009; 33: 33-40.
- Ross SM. Sources and forms of potentially toxic metals in soil-plant systems, *Toxic Metals in Soil-Plant Systems*, Wiley, England 1994; 3-26.
- Sevik H., Cetin M., Ozel HB., Ozel S., Zeren Cetin I. Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment* 2020; 192(78): <https://doi.org/10.1007/s10661-019-8041->
- Verheye WH., Boyadgiev TG. Evaluating the land use potential of gypsiferous soils from field pedogenic characteristics. *Soil Use and Management* 1997; 13: 97-103.
- Yavuzer H., Osma E. Evaluation of *Salix fragilis* L. (gevrek söğüt) as a biomonitor in heavy metal pollution. *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology C-Life Sciences and Biotechnology* 2018; 7(2): 122-129.