












Ergan Dağı'nın Farklı Yükseltilerinde Yaygın Olarak Yetişen Bitkilerde Ağır Metal (Ba, Cd, Co, Cr, Pb) Birikiminin Belirlenmesi

Etem OSMA^{1*}, Muhammet Onur KIYMAZ², Tuğçe VAROL³, Halil İbrahim TÜRKOĞLU⁴, Faruk YILDIZ⁵, Ali KANDEMİR⁶, Mert ELVERİCİ⁷, Engin KILIÇ⁸, Aysel AKVERDİ⁹, Kader KUŞ¹⁰, Abdullah HASBENLİ¹¹

Öz

Bu çalışma, Erzincan il sınırları içerisinde yer alan Ergan Dağı'nın farklı yüksekliklerinde yetişen yaygın 30 bitki türü ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında 1500 m, 2000 m, 2500 m ve 3000 m olmak üzere farklı yüksekliklerden toplanan bitkilerde ve yetiştikleri topraklarda metal (Cd, Cr, Pb, Co, Ba) konsantrasyonları tespit edilmiştir. Toplanan bitkilerin çiçek, yaprak ve kök ile yetiştikleri topraklar laboratuvarında ön işlemlerden geçirilmiştir. Hazır hale getirilen örneklerde metal konsantrasyonları ICP-MS'te analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bitki ve toprağa ait metal verileri istatistiksel olarak değerlendirilerek, her bir metal için rakımlar arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. Çalışmada Cd ve Pb konsantrasyonunun 2500 m yetişen bitkilerde ve topraklarda yüksek olduğu belirlenmiştir. İlave olarak, *Turanecio hypochionaeus* ve *Crepis armena* türlerinin bünyesinde kadmiyum metalini toprağa göre daha fazla biriktirdiği ve bazı türlerin biyomonitor özelliğe sahip olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Ergan Dağı, ICP-MS, Yükseklik

Determination of Heavy Metals (Ba, Cd, Co, Cr, Pb) Accumulation in Commonly Grown Plant Species at Different Altitudes of Mount Ergan

Abstract

This study was carried out with 30 plant species common at different altitudes of Ergan Mountain, located in Erzincan. In the research, metal (Cd, Cr, Pb, Co, Ba) concentrations were determined in plants collected from different altitudes, 1500 m, 2000 m, 2500 m, and 3000 m, and in the soils, they grow. The flowers, leaves, and roots of the plants and the soils were pre-treated in the laboratory. Metal concentrations in the prepared samples were analyzed in ICP-MS. The obtained plant and soil metal data were evaluated statistically and the differences between the altitudes were determined for each metal. It was determined that the Cd and Pb concentrations were high in plants and soils at 2500 m. In addition, it has been understood that *Turanecio hypochionaeus* and *Crepis armena* species accumulate more cadmium metal in their bodies than in the soil, and some species have biomonitoring properties.

Keywords: Heavy metal, Ergan Mount, ICP-MS, Altitude

^{1,3,4,6,7,9,10}Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Erzincan, Türkiye, eosma@erzincan.edu.tr, tugcevarol7291998@hotmail.com, halil.turkoglu@erzincan.edu.tr, akandemir@erzincan.edu.tr, mert.elveriel@gmail.com, ayselak4444@gmail.com, kaderkus.116@gmail.com

²Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Kayseri, Türkiye, m.onurkiymaz@hotmail.com

⁵Erzincan Milli Eğitim Müdürlüğü, Erzincan, Türkiye, farukyildizw@gmail.com

⁸Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Erzincan, Türkiye, ekilic@erzincan.edu.tr

¹¹Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara, Erzincan, hasbenli@gazi.edu.tr

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

²<https://orcid.org/0000-0002-7974-6651>

³<https://orcid.org/0000-0001-7027-462X>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-1400-2993>

⁵<https://orcid.org/0000-0003-1937-6748>

⁶<https://orcid.org/0000-0003-1902-9631>

⁷<https://orcid.org/0000-0003-3233-9968>

⁸<https://orcid.org/0000-0002-6838-5977>

⁹<https://orcid.org/0000-0003-2535-393X>

¹⁰<https://orcid.org/0000-0001-8428-5610>

¹¹<https://orcid.org/0000-0002-2919-7594>

1. Giriş

Metaller, yeryüzünde suda çözünen iyonlar formunda, gaz yapısında, toprak ve kayalarda mineraller veya tuzlar şeklinde doğal olarak bulunmaktadır. Metaller, yer kabuğunda doğal olabileceği gibi antropojenik etkiler vasıtasıyla çevreye rahat bir şekilde yayılabilme potansiyelinde sahiptirler (Patterson, 1971). Günümüzde tanımlanmış 92 tane element farklı ekosistemlerde yerini almaktadır (Elveren ve Osma, 2022). Bu elementler arasında ağır metal olarak bilinen atomik yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten fazla olan ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterebilen elementler bulunmaktadır (Nriagu ve Pacyna, 1988; Okçu ve ark, 2009; Bautista ve ark, 2022). Ağır metaller içerisinde canlılar için gerekli Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Mo, Co vb. metaller yanında Cr, Cd, Hg ve Pb metaller gibi oldukça zararlı olanlar da vardır (Marschner, 2016; Bautista ve ark, 2022). Ağır metaller, rahatlıkla parçalanamadıkları ve yok edilmediklerinden dolayı ekosistemlerde kalıcı kirliliğe neden olabilmektedir. Çok düşük konsantrasyonlarda gıda, hava ve su yoluyla canlıların vücut metabolizmasına girerek belirli bir süre sonrasında biyolojik olarak birikebilme potansiyeline sahiptirler (Aradhi ve ark, 2009; Laishram ve Kshetrimayum, 2019; Isinkaralar, 2022a). Toprak, su ve atmosferde farklı konsantrasyonlarda bulunabilen ağır metaller belirli limitin üzerine çıktığında çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Ağır metallerin ekosistemde yüksek konsantrasyonlarda birikime sebep olması, canlılar için ciddi şekilde tehlikeye yol açmaktadır (Munzuroğlu ve Zengin, 2004; Karadeniz ve ark, 2019; Isinkaralar, 2022b). Geçmişten bugüne kadar ağır metallerin insan ve çevre üzerindeki etkilerinin izlenmesine yönelik birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar, daha çok potansiyel toksik etkileri olabilecek Cd, Co, Cr, Ni ve Pb gibi metaller üzerinde yoğunlaşmıştır (Sevik ve ark, 2020; Karacocuk ve ark, 2021). Bu metallerden başka birçok ürünün elde edilmesinde kullanılan Baryum (Ba) metali de bulunmaktadır. Ba, tehlikeli metaller arasında olup bileşikleri toksik özelliğe sahiptir (Aktaş, 2019; Çetin ve Jawed, 2022).

Toprağın fiziksel ve kimyasal yapısının bitki gelişimi ve yayılışı üzerinde etkisi oldukça önemlidir. Topraktaki ağır metallerin doğal içeriği jeokimyasal ve jeofizik süreçlerine bağlıdır. Toprağın oluşumunu sağlayan faktörler ve zaman metallerin konsantrasyonu üzerinde oldukça etkilidir (Alloway, 1990; Salonen ve Korkka, 2007).

Büyük ekosistemler içerisinde yer alan dağlar, küresel değişimlere ve ağır metal kirliliğine karşı diğer ekosistemlerden daha duyarlıdır (Li ve ark, 2010). Antropojenik aerosollere bağlı olarak toksik metaller uzun menzilli atmosferik taşıma sonucunda, yüksek dağlarda yetişen bitkilerde birikebilme özelliğine sahiptirler (Bing ve diğerleri, 2018, Bing ve diğerleri, 2016; Blackwell ve Driscoll, 2015). Ağır metallerin atmosferden toprağa ve bitki örtüsüne taşınması, toz düşmesi, dökme yağış ve gaz veya aerosol adsorpsiyon işlemleri ile gerçekleşmektedir. Antropojenik olarak toksik metallerin uzakta bulunan dağ ekosistemlerine kontamine olması genellikle vadilerden ve yerleşim alanlarından

daha düşüktür, ancak farklı doğal jeofiziksel ve jeokimyasal süreçler nedeniyle, pedojenik ve litojenik metallerin miktarı da yavaş yavaş artmaktadır ve birbirleriyle etkileşime girebilmektedir (Beijer ve Jernelöv, 1986; Devkota ve Schmidt, 2000). Yüksek miktarda Hg, Cd, Pb ve Cr birikimi, bitkilerin büyümelerini ve gelişmelerini engelleyebilmektedir (Wang ve diğerleri, 2017; Zeng ve ark, 2023).

Erzincan, maden yatakları bakımından zengin olup çok sayıda ağır metal içeren sahalara sahiptir. Bu doğrultuda Ergen Dağı'nın farklı rakımlarından toplanan 30 farklı bitki türüne ait kısımlarda ve yetiştikleri topraklarda element analizleri yapılarak dağın ağır metal içeriği tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

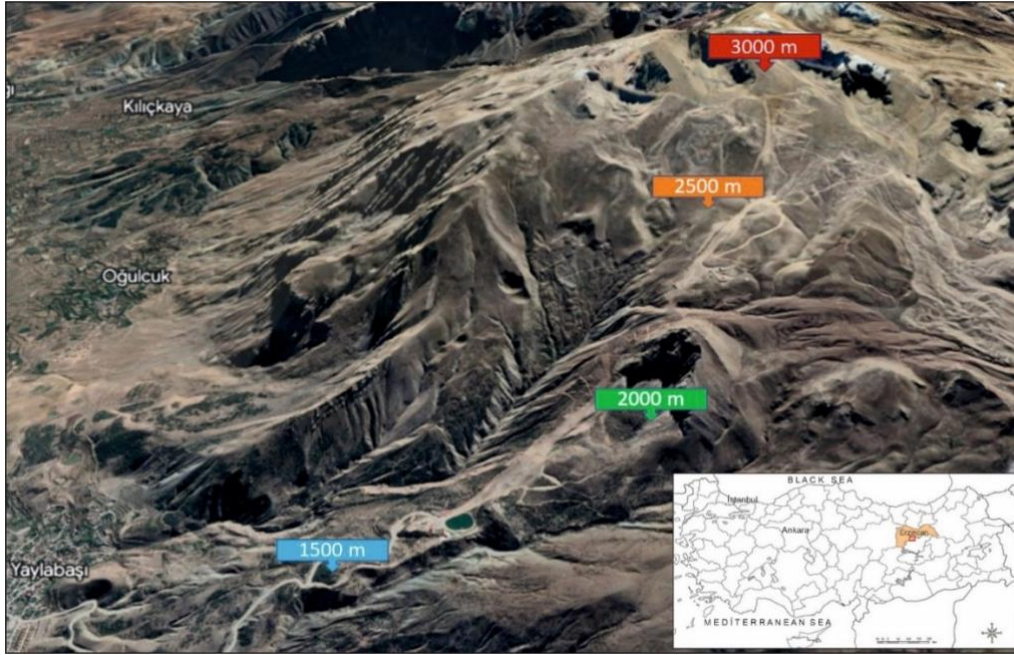
2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, Erzincan ili sınırları içerisinde yer alan 3256 m yüksekliğe sahip Ergen dağında yapılmıştır. Erzincan ilinin coğrafik yapısına bakıldığında genellikle dağlar ve platoların yoğun olduğu görülmektedir. Dağlar il sınırlarının yaklaşık % 60'ını oluşturmaktadır (Özhatay, 2006; Korkmaz ve Alpaslan, 2014). Ergen Dağı, pelajik kireçtaşı, masif kireçtaşı, resifal katmanlı kireçtaşı, metamorfik kayalar, ofiyolitler, kırıntılı kayalar, ofiyolitli karışık, volkanitler ve volkano tortul dizi ve evaporitlerden oluşan yapısal özelliğe sahiptir (Boz ve Yılmaz, 20020).

Bu çalışmada, 2021-2022 yıllarında Ergen dağının 1500 m (*Alcea calvertii* (Boiss) Boiss., *Glaucium leiocarpum* Boiss., *Astragalus ornithopodioides* Lam., *Genista aucheri* Boiss., *Linum mucronatum* Bertol, *Anchusa leptophylla* Roem. & Schult, *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.), 2000 m (*Tanacetum mucroniferum* Hub. Mor. Et Grierson, *Hypericum scabrum* L. *Inula oculus-christi* L., *Barbarea auriculata* Hausskn. ex Bornm, *Onobrychis cornuta* (L.) Desv., *Globularia trichosantha* Fisch. & C.A.Mey, *Genista aucheri* Boiss., *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.), 2500 m (*Scutellaria orientalis* L., *Lallemantia canescens* (L) Fisch. & Mey., *Coronilla orientalis* Miller, *Dianthus orientalis* Adams., *Crepis armena* DC., *Campanula tridentata* Schreber., *Euphorbia petrophila* C.A. Meyer, *Anthemis cretica* L., *Papaver fugax* Poiret, *Aster alpinus* L.) ve 3000 m (*Pedicularis comosa* L., *Astragalus nezaketiae* A.Duran & Aytaç, *Scorzonera sericea* DC., *Campanula tridentata* Schreber, *Anthemis cretica* L., *Papaver fugax* Poiret, *Hedysarum erythroleucum* Boiss., *Turanecio hypochionaeus* (Boiss.) Hamzaoglu) yükseklikte yetişen 30 bitki türü ile yetiştikleri topraklardan alanı temsil edecek şekilde örnekler toplanmıştır. Toplanan bitki örnekleri laboratuvar ortamında çiçek (petaller), yaprak, kök şeklinde ayrılmıştır. Bu bitki türleri farklı yükseltelerin yaygın türleridir (Şekil 1).

2.2. Ağır metal Analizi

Öncelikle bitki örnekleri, 24 saat boyunca etüvde 80 °C’de kurutulmuştur. Kurutulmuş numuneler, havanda ezilerek toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen bitki kısımları 1.5 mm’lik elek ile elenmiştir. Her numuneden sonra havan, etil alkol ile yıkanmış ve bu şekilde kontaminasyona karşı korunmuştur (Osma and Kandemir, 2016; Yavuzer and Osma, 2018).



Şekil 1. Çalışma alanı (Google Earth)

Toprak örnekleri, her yükseklikten toprak yüzeyinde bulunan döküntü tabakası temizlendikten sonra en az 10 cm’lik tabandan çapa kullanılarak 500 g olacak şekilde poşetlere alınmıştır. Örnekler laboratuvarında hava kurusu ile kurularak 1.5 mm’lik elek ile elenmiştir.

Laboratuvar ortamında analizleri yapılmak için hazırlanan bitki ve toprak numuneleri 0,5 g olacak şekilde tartılmıştır ve mikrodalgaya kaplarına yerleştirilmiştir. Bitki numunelerine %65’lik 6 mL HNO₃ ile %30’luk 2 mL H₂O₂ eklenirken, toprak numunelerine ise %65’lik 3 mL HNO₃, %37’lik 9 mL HCl eklenmiştir. Sonrasında örnekler, manyetik karıştırıcı ile 10 dakika süresince homojenize edilmiştir. Kaplar, mikrodalgaya koyularak 2000 °C’de ve 45 bar basınçta 15 dakika boyunca asitli ortamda çözündürülmüştür. Yakılan numuneler balon jöjeye alınarak 50 mL’ye tamamlanmıştır. 50 mL olan numunelerden teflon filtre ile 10 mL çekilmiştir. Son olarak, metal miktarını belirlenmesi için örnekler falkon tüplere yerleştirilmiştir ve ICP-MS’de metal konsantrasyonu analiz edilmiştir (Osma and Kandemir, 2016; Yavuzer and Osma, 2018).

2.3. İstatistiksel Analizler

Yapılan çalışmada elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. $p \leq 0.05$ değeri istatistik hesaplamalarında ve karşılaştırılmalarında anlamlı olarak kabul edilmiştir. SPSS 22 Paket İstatistik Programı ile veriler, %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda örnekler arasındaki farklılıklar S-N-K ile tespit edilmiştir.

Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmeleri sonucunda çalışılan bitkilerin metalleri biriktirme kabiliyetleri de tespit edilmiştir. Hiperakümülator bitkileri belirleyebilmek için BCF hesaplanmaktadır. Bitkilerde metal alınımı, Biriktirme Faktörüne (Bioconcentration factor, BCF) bağlıdır. Biriktirme faktörü bitkideki ağır metal konsantrasyonunun, topraktaki ağır metal konsantrasyonuna oranlanması sonucunda tespit edilmektedir (Ladislav ve ark., 2012). Biyoakümülyasyon faktörü (BCF) = Hasat edilen bitkideki ağır metal konsantrasyonu/Toprak ağır metal konsantrasyonu.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, farklı rakımlarda bitkiler ve topraklarda Ba, Cd, Co, Cr, Pb metallerinin konsantrasyonunu tespit edilerek yüksekliğin metal dağılımı üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Ba konsantrasyonu için, yüksekliğe bağlı olarak bitki kısımlarında farklı veriler elde edilmiştir. Baryumun en fazla değeri çiçekte ($190,3 \pm 97,6$ $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık) *Dianthus orientalis*'te kökte ($307,5 \pm 33,2$ $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık) ve yaprakta ($114,2 \pm 8,1$ $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık) 3000 m de yetişen *Campanula tridentata* bitkisinde tespit edilmiştir. Toprak örnekleri incelendiğinde, Ba konsantrasyonu en fazla 2000 m yükseklikte olduğu görülmüştür. Ba verileri incelendiğinde her bir yükseklikte bitki kısımları ile topraklar arasında anlamlı farklılıkların olduğu gözlenmiştir Tablo 1. Cd konsantrasyonu yaprakta ($5,76 \pm 0,1$ $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık) kökte ($5,39 \pm 0,4$ $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık) 3000 m yetişen *Turanecio hypochionaeus* bitkisinde görülmüştür. Yapılan istatistiksel değerlendirmelerde farklı yüksekliklerde yetişen bitkiler arasında Cd miktarı bakımından güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir Tablo 2. Co konsantrasyonunun, genel olarak yükseklik arttıkça bitki ve toprak kısımlarında azaldığı görülmüştür. En fazla Cobalt konsantrasyonu, çiçekte ($19,4 \pm 0,3$ $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık) *Globularia trichosantha*, kökte ($16,9 \pm 1,8$ $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık) *Astragalus ornithopodioides* bitki türlerinde belirlenmiştir. Her bir yükseklikte yetişen bitkilerde yapılan istatistiksel değerlendirmelerde Co metali bakımından anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür Tablo 3. Cr konsantrasyonu, bitkilerin çiçek ve yapraklarına göre genelde kök kısmında daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu gözlenmiştir. Krom, bitki kısımları içerisinde çiçekte ($155,1 \pm 6,4$ $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık) *Globularia trichosantha*, en yüksek değere sahiptir. Toprakta Cr, ($326,4 \pm 23,7$ $\mu\text{g/g}$ kuru

ağırlık) en fazla 1500 m yükseklikte olduğu tespit edilmiştir. Cr metalinin dağın alçak kısımlarında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Farklı yükseklerde yetişen bitkilerde elde edilen veriler istatistik değerlendirmeler yapılmış olup her bir yükseklikte Cr metali bakımından anlamlı farklılıklar olduğu gözlenmiştir Tablo 4. Pb konsantrasyonunun, 2500 m yükseklikte daha fazla yoğunlaştığı belirlenmiştir. *Crepis armena* bitki türünün çiçek ($48,6 \pm 2,2$ µg/g kuru ağırlık) ve yapraklarında ($97,0 \pm 7,1$ µg/g kuru ağırlık) kurşun miktarının diğer bitki türlerine göre çok yüksek olduğu görülmüştür. Veriler incelendiğinde bitkilerin kısımları arasında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir Tablo 5.

Yapılan çalışmada elde edilen veriler değerlendirildiğinde Cr konsantrasyonu, 1500 m ve 2000 m yükseklikte toprakta (5-100 µg/g kuru ağırlık) fazla olup çalışılan bazı bitki türlerinin (5-30 µg/g kuru ağırlık) farklı kısımlarında olması gereken sınır değerlerinin (Ross, 1994; Kabata-Pendias ve Pendias, 2000) üzerinde olduğu görülmüştür. Kobalt metalinin, genel olarak bitkilerin farklı kısımlarında (0,1-0,6 µg/g kuru ağırlık) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Özellikle *Globularia trichosantha* bitkisine ait çiçeklerde kobalt konsantrasyonu olması gereken sınır değerlerinden oldukça yüksektir. Pb konsantrasyonu (5-10 µg/g kuru ağırlık) özellikle 2500 m yetişen bazı bitkilerde çok fazla olup farklı yükseklikten toplanan topraklarda (2-300 µg/g kuru ağırlık) normal sınır değerleri içerisinde. Genel olarak, Cd miktarı bitkilerde (0,01-2,4 µg/g kuru ağırlık) ve topraklarda (0,01-2 µg/g kuru ağırlık) olması gereken değerler arasındadır (Ross, 1994; Kabata-Pendias ve Pendias, 2000). Ba konsantrasyonu ise özellikle bitki köklerinde normal sınırlar (4-50 µg/g kuru ağırlık) üzerinde olup toprakta (15-3,500 µg/g kuru ağırlık) normal değerlere sahiptir.

Çalışma sırasında (BCF) değeri her bir metal için ayrı ayrı hesaplanmıştır. BCF değerleri bitkilerde metal birikimini belirlemek için kullanılmaktadır. $BCF > 1$ olması bitkinin metal akümülatörü olabileceğini ifade etmektedir (Fellet ve ark, 2014). Buna göre çalışılan bitkilerin biyokonsantrasyon faktörleri incelendiğinde Ba metalinin 1500 m de yetişen *Alcea calvertii* yaprakta ($BCF=1,38$) ve kökte ($BCF=1,30$) ile *Dianthus orientalis* çiçeklerinde ($BCF=1,42$) biriktirdiği belirlenmiştir. Cd elementinin en yüksek BCF değeri 3000 m'de yetişen *Turanecio hypochionaeus* yapraklarında ($BCF=4,43$) ve köklerinde ($BCF=4,14$), *Crepis armena* yapraklarında ($BCF=2,95$) ve köklerinde ($BCF=3,29$) yüksek olduğu görülmüştür Tablo 6.

Literatür incelendiğinde ağır metaller ile ilgili yapılan çalışmaların daha çok çevre kirliliğinin olduğu bölgelerde yoğunlaştığı ve doğal çevrede ağır metal birikimine yönelik yapılan araştırmaların sayısının oldukça az olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada elde edilen veriler daha önce yapılan bazı çalışmalarda elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır.

Bitki kısımlarında metal konsantrasyonlarının farklı olması bitki türüne ve yükseltiye bağlı olarak değişkenlik göstermiştir.

Yaptıkları çalışmada, 900 ile 2260 m rakımlarda dağılım gösteren farklı yosun türlerinde metal miktarını tespit etmişlerdir. Çalışmalarında elde ettikleri veriler, bu çalışmada elde edilen veriler ile kıyaslandığında Cr ve Co düşük, Cd ve Pb paralel olduğu görülmüştür (Zechmeister, 1995).

Qinghai Spruce Dağı 2.850 m ve Qilian Dağı'nda 3.050 m yüksekliğe sahip ardıc ormanlarında *Polygonum viviparum* ve yosunlarda metal konsantrasyonlarını analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre Pb ve Cd verileri bu çalışmada elde edilen verilerden çok yüksektir (Zang ve ark, 2022). Van ili sınırları içerisinde yayılış gösteren tıbbi bitkilerin farklı kısımlarında ağır metal konsantrasyonunu belirlemiştir. Elde etmiş olduğu metal verileri, bu çalışmada elde edilen verilerden oldukça düşüktür (Okut, 2019). Western High Atlas Dağı (Fas) 1000 m ile 1750 m arasında yetişen servi ağaçlarında element analizi yapmışlardır. Bitkinin yapraklarında elde ettikleri metal verileri yapılan bu çalışmada elde edilen verilerden oldukça düşüktür (Arjouni ve ark, 2015). Amanos dağlarında farklı lokalitelerden çok sayıda toplanan bitki türlerinde Cr, Cu, Pb metal miktarlarını belirlemiştir. Cr ve Pb değerleri bu çalışmada elde edilen verilerden genelde düşüktür Amanoslar'da (Hatay) yayılış gösteren bazı bitkilerde ağır metal konsantrasyonunu analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre Cr, Cd, Pb değerleri yapılan bu çalışmada elde edilen değerlerden çok düşüktür (Ergün ve ark, 2012). 3 bitki türüne ait örnekler tam çiçeklenme sırasında Fruška Gora dağının farklı bölgelerinden toplanmıştır. Topladıkları bitkilerde Pb, Co ve Cd değerleri bu çalışmada elde edilen verilerden düşüktür (Ergün ve ark, 2010). Kumalar Dağı'nın rakımları 800-1200 m ve 1200-1900 m olan iki farklı bölgeden 25 bitki türü toplanmıştır. Bitkilerde yapılan element analizleri içinde Ba metali ile ilgili veriler, Ergani Dağı'nın farklı rakımlarından elde edilen Ba verileri ile örtüşmektedir (Şahin ve ark, 2019).

Tablo 1. Farklı rakımlarda yetişen bitki ve topraklarda Ba konsantrasyonu ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık, * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$ anlamlılık).

Yükseklik	Bitki türü	Çiçek		Yaprak		Kök		Toprak	
1500 m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	22,8	± 0,5 ^d	102,2	± 0,5 ^d	96,0	± 3,4 ^c	73,6	± 7,8 ^a
	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	3,9	± 0,3 ^b	19,6	± 1,0 ^c	17,1	± 1,1 ^a		
	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	2,5	± 0,2 ^a	5,6	± 0,5 ^a	14,0	± 0,9 ^a		
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	3,7	± 0,3 ^b	11,6	± 0,4 ^b	18,0	± 0,5 ^a		
	<i>Linum mucronatum</i> Bertol	6,6	± 0,7 ^c	12,4	± 0,9 ^b	14,7	± 0,3 ^a		
	<i>Anchusa leptophylla</i> Roem. & Schult	1,7	± 0,1 ^a	6,6	± 1,0 ^a	20,3	± 2,3 ^{ab}		
	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	1,9	± 0,2 ^a	11,6	± 0,4 ^b	24,0	± 1,4 ^b		
2000 m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	4,1	± 0,1 ^a	6,3	± 0,5 ^b	33,5	± 1,6 ^b	158,4	± 6,6 ^c
	<i>Hypericum scabrum</i> L.	3,5	± 0,1 ^a	3,0	± 0,1 ^a	13,2	± 1,5 ^a		
	<i>Inula oculus-christi</i> L.	2,0	± 0,1 ^a	11,5	± 0,3 ^c	32,3	± 1,8 ^b		
	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	4,2	± 0,6 ^a	33,0	± 2,0 ^d	75,4	± 8,0 ^c		
	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	7,3	± 0,5 ^b	6,9	± 0,2 ^b	33,2	± 4,4 ^b		
	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A.Mey	83,7	± 2,0 ^c	35,6	± 1,5 ^d	33,7	± 3,4 ^b		
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	2,2	± 0,2 ^a	8,6	± 0,8 ^{bc}	20,7	± 2,2 ^{ab}		
<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	1,4	± 0,2 ^a	11,6	± 0,5 ^c	34,1	± 1,1 ^b			
2500 m	<i>Scutellaria orientalis</i> L.	34,0	± 2,4 ^a	38,9	± 4,8 ^b	51,0	± 2,9 ^c	133,2	± 5,7 ^b
	<i>Lallemantia canescens</i> (L) Fisch. & Mey.	20,2	± 0,3 ^a	42,5	± 0,3 ^b	110,8	± 2,3 ^e		
	<i>Coronilla orientalis</i> Miller	2,6	± 0,0 ^a	12,2	± 0,8 ^a	23,8	± 3,0 ^a		
	<i>Dianthus orientalis</i> Adams.	190,3	± 97,6 ^b	34,8	± 0,4 ^b	39,9	± 1,1 ^b		
	<i>Crepis armena</i> DC	38,9	± 1,5 ^a	88,8	± 4,5 ^d	49,8	± 1,8 ^c		
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	22,0	± 1,3 ^a	30,6	± 1,0 ^b	63,7	± 0,7 ^d		
	<i>Euphorbia petrophila</i> C.A. Meyer	50,0	± 2,0 ^a	67,6	± 9,2 ^c	133,0	± 2,5 ^f		
	<i>Anthemis cretica</i> L.	12,4	± 0,2 ^a	8,7	± 0,2 ^a	27,5	± 1,3 ^a		
	<i>Papaver fugax</i> Poiret	7,1	± 1,0 ^a	10,0	± 0,1 ^a	26,1	± 2,6 ^a		
<i>Aster alpinus</i> L.	8,4	± 1,7 ^a	9,9	± 0,8 ^a	33,9	± 3,0 ^b			
3000 m	<i>Pedicularis comosa</i> L.	14,2	± 0,6 ^b	56,5	± 1,3 ^e	39,1	± 0,7 ^a	137,3	± 5,2 ^b
	<i>Astragalus nezaketiae</i> A.Duran & Aytaç	7,7	± 0,5 ^{ab}	21,9	± 0,1 ^{bc}	65,8	± 0,9 ^a		
	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	4,6	± 0,2 ^{ab}	29,2	± 2,1 ^{cde}	65,0	± 0,7 ^a		
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	57,4	± 4,2 ^c	114,2	± 8,1 ^f	307,5	± 33,2 ^b		
	<i>Anthemis cretica</i> L.	6,9	± 0,1 ^{ab}	14,2	± 0,4 ^{ab}	21,0	± 1,3 ^a		
	<i>Papaver fugax</i> Poiret	5,9	± 0,9 ^{ab}	39,3	± 1,5 ^e	59,0	± 0,5 ^a		
	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	10,7	± 4,4 ^{ab}	5,4	± 0,1 ^a	25,2	± 0,8 ^a		
<i>Turanecio hypochionaeus</i> (Boiss.) Hamzaoğlu	3,5	± 0,1 ^a	34,7	± 0,2 ^{de}	66,2	± 4,1 ^a			

Tablo 2. Farklı rakımlarda yetişen bitki ve topraklarda Cd konsantrasyonu ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık, * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık).

Yükseklik	Bitki türü	Çiçek		Yaprak			Kök		Toprak	
1500 m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	0,03	±	0,00 ^{ab}	0,05	±	0,01 ^a	0,08	±	0,00 ^a
	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	0,05	±	0,00 ^b	0,76	±	0,37 ^b	0,46	±	0,01 ^b
	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	0,02	±	0,00 ^{ab}	0,02	±	0,00 ^a	0,07	±	0,00 ^a
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	0,02	±	0,00 ^{ab}	0,02	±	0,00 ^a	0,05	±	0,00 ^a
	<i>Linum mucronatum</i> Bertol	0,08	±	0,02 ^c	0,19	±	0,04 ^a	0,18	±	0,00 ^a
	<i>Anchusa leptophylla</i> Roem. & Schult	0,14	±	0,01 ^d	0,44	±	0,05 ^{ab}	0,68	±	0,08 ^c
	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	0,01	±	0,00 ^a	0,02	±	0,00 ^a	0,06	±	0,00 ^a
2000 m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	0,08	±	0,00 ^c	0,34	±	0,01 ^g	0,33	±	0,01 ^a
	<i>Hypericum scabrum</i> L.	0,20	±	0,00 ^d	0,11	±	0,00 ^d	0,25	±	0,01 ^a
	<i>Inula oculus-christi</i> L.	0,05	±	0,00 ^{abc}	0,30	±	0,00 ^f	0,34	±	0,01 ^a
	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	0,25	±	0,03 ^e	0,52	±	0,01 ^h	0,69	±	0,04 ^b
	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	0,06	±	0,00 ^{bc}	0,04	±	0,00 ^b	0,19	±	0,01 ^a
	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A.Mey	0,37	±	0,01 ^f	0,16	±	0,01 ^e	0,24	±	0,02 ^a
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	0,02	±	0,00 ^{ab}	0,02	±	0,00 ^a	0,27	±	0,12 ^a
<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	0,01	±	0,00 ^a	0,08	±	0,00 ^c	0,20	±	0,01 ^a	
2500 m	<i>Scutellaria orientalis</i> L.	0,38	±	0,03 ^a	0,28	±	0,04 ^b	0,79	±	0,07 ^b
	<i>Lallemantia canescens</i> (L) Fisch. & Mey.	0,26	±	0,01 ^a	0,44	±	0,00 ^b	1,64	±	0,05 ^c
	<i>Coronilla orientalis</i> Miller	0,01	±	0,00 ^a	0,04	±	0,00 ^a	0,17	±	0,01 ^a
	<i>Dianthus orientalis</i> Adams.	3,53	±	1,81 ^b	0,36	±	0,01 ^b	0,24	±	0,00 ^a
	<i>Crepis armena</i> DC	1,04	±	0,04 ^a	4,72	±	0,06	5,27	±	0,14 ^e
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	0,62	±	0,04 ^a	0,44	±	0,00 ^b	1,47	±	0,03 ^c
	<i>Euphorbia petrophila</i> C.A. Meyer	1,04	±	0,04 ^a	0,91	±	0,09 ^c	1,52	±	0,02 ^c
	<i>Anthemis cretica</i> L.	0,81	±	0,02 ^a	1,64	±	0,02 ^d	2,84	±	0,09 ^d
	<i>Papaver fugax</i> Poirret	0,13	±	0,02 ^a	0,14	±	0,00 ^a	0,91	±	0,15 ^b
<i>Aster alpinus</i> L.	0,39	±	0,04 ^a	1,91	±	0,07 ^e	2,99	±	0,17 ^d	
3000 m	<i>Pedicularis comosa</i> L.	0,16	±	0,01 ^{ab}	0,34	±	0,02 ^{cd}	0,51	±	0,02 ^{ab}
	<i>Astragalus nezaketiae</i> A.Duran & Aytaç	0,06	±	0,00 ^a	0,03	±	0,00 ^a	0,23	±	0,00 ^a
	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	0,05	±	0,00 ^a	0,25	±	0,01 ^{bc}	0,68	±	0,01 ^{ab}
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	0,06	±	0,00 ^a	0,43	±	0,11 ^d	1,02	±	0,23 ^b
	<i>Anthemis cretica</i> L.	0,27	±	0,01 ^b	0,91	±	0,01 ^e	1,69	±	0,05 ^c
	<i>Papaver fugax</i> Poirret	0,21	±	0,02 ^b	0,10	±	0,01 ^{ab}	2,60	±	0,05 ^d
	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	0,22	±	0,10 ^b	0,07	±	0,00 ^{ab}	0,41	±	0,01 ^a
<i>Turanecio hypochionaeus</i> (Boiss.) Hamzaoğlu	0,99	±	0,04 ^c	5,76	±	0,11 ^f	5,39	±	0,41 ^e	

Tablo 3. Farklı rakımlarda yetişen bitki ve topraklarda Co konsantrasyonu ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık, * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$ anlamlılık).

Yükseklik	Bitki türü	Çiçek			Yaprak			Kök		Toprak	
1500 m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	1,2	±	0,0 ^a	1,3	±	0,1 ^{ab}	10,2	±	1,1 ^c	52,1 ± 3,9 ^c
	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	1,3	±	0,1 ^a	0,7	±	0,1 ^a	2,4	±	0,4 ^a	
	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	1,8	±	0,2 ^a	3,3	±	0,5 ^c	16,9	±	1,8 ^d	
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	1,0	±	0,1 ^a	1,8	±	0,3 ^b	2,3	±	0,1 ^a	
	<i>Linum mucronatum</i> Bertol	11,5	±	0,6 ^c	2,7	±	0,2 ^c	3,5	±	0,1 ^a	
	<i>Anchusa leptophylla</i> Roem. & Schult	0,8	±	0,0 ^a	1,5	±	0,2 ^{ab}	6,3	±	0,6 ^b	
	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	5,1	±	0,9 ^b	6,2	±	0,2 ^d	2,5	±	0,3 ^a	
2000 m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	0,5	±	0,0 ^a	0,6	±	0,1 ^a	5,0	±	0,3 ^{bc}	29,4 ± 1,6 ^b
	<i>Hypericum scabrum</i> L.	1,0	±	0,1 ^{ab}	0,5	±	0,0 ^a	1,8	±	0,2 ^a	
	<i>Inula oculus-christi</i> L.	0,7	±	0,0 ^a	2,1	±	0,0 ^b	6,9	±	0,5 ^c	
	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	0,6	±	0,1 ^a	3,6	±	0,3 ^c	10,3	±	1,4 ^d	
	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	1,5	±	0,1 ^{bc}	0,6	±	0,0 ^a	7,5	±	1,2 ^c	
	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A.Mey	19,4	±	0,3 ^d	6,9	±	0,4 ^d	7,3	±	0,8 ^c	
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	0,8	±	0,2 ^a	0,6	±	0,1 ^a	1,4	±	0,3 ^a	
<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	1,7	±	0,2 ^c	3,3	±	0,1 ^c	3,9	±	0,2 ^b		
2500 m	<i>Scutellaria orientalis</i> L.	3,8	±	0,4 ^b	1,8	±	0,3 ^c	3,3	±	0,4 ^{cd}	16,3 ± 0,6 ^a
	<i>Lallemantia canescens</i> (L) Fisch. & Mey.	0,6	±	0,1 ^a	0,4	±	0,0 ^{ab}	1,2	±	0,1 ^a	
	<i>Coronilla orientalis</i> Miller	0,3	±	0,0 ^a	0,6	±	0,0 ^{ab}	3,6	±	0,6 ^{cd}	
	<i>Dianthus orientalis</i> Adams.	0,3	±	0,0 ^a	0,2	±	0,0 ^a	1,6	±	0,1 ^a	
	<i>Crepis armena</i> DC	5,4	±	0,2 ^b	9,6	±	0,7 ^d	4,1	±	0,2 ^d	
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	1,0	±	0,1 ^a	0,5	±	0,0 ^{ab}	2,8	±	0,6 ^{bc}	
	<i>Euphorbia petrophila</i> C.A. Meyer	4,0	±	0,3 ^b	0,5	±	0,0 ^{ab}	0,9	±	0,0 ^a	
	<i>Anthemis cretica</i> L.	1,4	±	0,0 ^a	0,8	±	0,0 ^{ab}	2,8	±	0,2 ^{bc}	
	<i>Papaver fugax</i> Poiret	1,9	±	0,1 ^a	1,4	±	0,1 ^{bc}	1,9	±	0,1 ^{ab}	
<i>Aster alpinus</i> L.	1,5	±	0,3 ^a	1,3	±	0,1 ^{bc}	4,2	±	0,4 ^d		
3000 m	<i>Pedicularis comosa</i> L.	0,8	±	0,1 ^c	1,6	±	0,3 ^c	1,2	±	0,1 ^{ab}	10,1 ± 0,3 ^a
	<i>Astragalus nezaketiae</i> A.Duran & Aytaç	0,4	±	0,0 ^{ab}	0,1	±	0,0 ^a	1,5	±	0,0 ^b	
	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	0,2	±	0,0 ^a	0,9	±	0,1 ^b	0,9	±	0,2 ^{ab}	
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	0,8	±	0,1 ^c	0,2	±	0,0 ^a	5,0	±	0,2 ^d	
	<i>Anthemis cretica</i> L.	0,9	±	0,0 ^c	1,5	±	0,0 ^c	2,5	±	0,2 ^c	
	<i>Papaver fugax</i> Poiret	0,5	±	0,0 ^{abc}	1,0	±	0,0 ^b	0,7	±	0,0 ^a	
	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	0,2	±	0,0 ^a	0,3	±	0,0 ^a	2,2	±	0,3 ^c	
<i>Turanecio hypochionaeus</i> (Boiss.) Hamzaoğlu	0,3	±	0,0 ^a	0,9	±	0,0 ^b	2,3	±	0,3 ^c		

Tablo 4. Farklı rakımlarda yetişen bitki ve topraklarda Cr konsantrasyonu ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık, * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$ anlamlılık).

Yükseklik	Bitki türü	Çiçek			Yaprak			Kök			Toprak		
1500 m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	4,3	±	0,1 ^a	5,3	±	0,3 ^{ab}	46,4	±	5,6 ^c	326,4	±	23,7 ^d
	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	10,4	±	1,6 ^b	3,6	±	0,7 ^a	11,3	±	1,8 ^a			
	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	13,4	±	1,7 ^b	20,9	±	3,8 ^d	99,6	±	13,0 ^d			
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	4,7	±	0,6 ^a	12,7	±	2,1 ^c	12,6	±	0,7 ^a			
	<i>Linum mucronatum</i> Bertol	56,9	±	3,2 ^c	10,3	±	1,0 ^{bc}	13,7	±	0,5 ^a			
	<i>Anchusa leptophylla</i> Roem. & Schult	4,7	±	0,2 ^a	6,1	±	0,3 ^{ab}	31,8	±	3,2 ^b			
	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	3,3	±	1,1 ^a	3,4	±	0,3 ^a	12,0	±	1,2 ^a			
2000 m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	3,4	±	0,2 ^a	3,8	±	0,5 ^a	40,2	±	2,2 ^c	230,3	±	12,2 ^c
	<i>Hypericum scabrum</i> L.	4,3	±	0,0 ^a	2,2	±	0,1 ^a	12,6	±	1,7 ^{ab}			
	<i>Inula oculus-christi</i> L.	3,0	±	0,3 ^a	12,8	±	1,1 ^b	43,6	±	3,4 ^c			
	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	3,7	±	0,5 ^a	21,7	±	1,9 ^c	63,5	±	9,4 ^d			
	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	11,0	±	0,9 ^a	3,8	±	0,1 ^a	53,5	±	8,9 ^{cd}			
	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A.Mey	155,1	±	6,4 ^b	47,0	±	2,5 ^d	50,2	±	5,4 ^{cd}			
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	3,3	±	0,2 ^a	3,8	±	0,7 ^a	7,7	±	1,1 ^a			
<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	2,5	±	0,2 ^a	6,4	±	0,5 ^a	24,7	±	1,6 ^b				
2500 m	<i>Scutellaria orientalis</i> L.	21,9	±	1,9 ^b	11,6	±	2,2 ^c	20,8	±	2,0 ^{de}	96,6	±	5,3 ^b
	<i>Lallemantia canescens</i> (L) Fisch. & Mey.	3,8	±	0,2 ^a	3,4	±	0,3 ^{ab}	7,6	±	0,7 ^{ab}			
	<i>Coronilla orientalis</i> Miller	1,5	±	0,0 ^a	4,7	±	0,6 ^{abc}	23,3	±	3,6 ^{de}			
	<i>Dianthus orientalis</i> Adams.	1,8	±	0,8 ^a	1,1	±	0,0 ^a	11,7	±	0,7 ^{abc}			
	<i>Crepis armena</i> DC	33,7	±	1,3 ^c	64,6	±	4,9 ^d	23,7	±	1,3 ^{de}			
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	6,5	±	0,9 ^a	3,4	±	0,1 ^{ab}	14,8	±	2,5 ^{bcd}			
	<i>Euphorbia petrophila</i> C.A. Meyer	20,8	±	1,2 ^b	3,9	±	0,3 ^{ab}	3,9	±	0,1 ^a			
	<i>Anthemis cretica</i> L.	9,4	±	0,2 ^a	4,8	±	0,2 ^{abc}	16,8	±	3,2 ^{cd}			
	<i>Papaver fugax</i> Poiret	9,8	±	0,5 ^a	9,3	±	0,8 ^{bc}	29,6	±	4,0 ^e			
<i>Aster alpinus</i> L.	8,9	±	1,5 ^a	6,6	±	0,8 ^{abc}	24,5	±	2,2 ^{de}				
3000 m	<i>Pedicularis comosa</i> L.	4,6	±	0,3 ^c	9,8	±	2,0 ^c	6,3	±	0,8 ^a	54,6	±	2,1 ^a
	<i>Astragalus nezaketiae</i> A.Duran & Aytac	2,9	±	0,2 ^{abc}	1,2	±	0,1 ^a	11,5	±	0,3 ^b			
	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	1,6	±	0,0 ^{ab}	5,8	±	0,7 ^b	5,7	±	1,0 ^a			
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	5,0	±	0,7 ^c	13,4	±	0,4 ^d	30,0	±	0,6 ^d			
	<i>Anthemis cretica</i> L.	7,1	±	0,2 ^d	12,1	±	0,2 ^d	17,0	±	1,5 ^c			
	<i>Papaver fugax</i> Poiret	3,1	±	0,2 ^{abc}	6,5	±	0,2 ^b	4,1	±	0,1 ^a			
	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	1,0	±	0,0 ^a	1,4	±	0,1 ^a	12,8	±	2,0 ^b			
<i>Turanecio hypochionaeus</i> (Boiss.) Hamzaoglu	3,7	±	1,0 ^{bc}	8,1	±	1,0 ^{bc}	12,0	±	1,4 ^b				

Tablo 5. Farklı rakımlarda yetişen bitki ve topraklarda Pb konsantrasyonu ($\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık, * $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$ anlamlılık).

Yükseklik	Bitki türü	Çiçek			Yaprak			Kök			Toprak		
1500 m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	0,2	±	0,0 ^a	0,3	±	0,0 ^a	0,8	±	0,1 ^a	14,7	±	0,8 ^a
	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	0,3	±	0,0 ^a	0,8	±	0,4 ^a	0,8	±	0,1 ^a			
	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	0,4	±	0,0 ^a	0,9	±	0,1 ^a	2,4	±	0,2 ^a			
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	4,1	±	0,7 ^{ab}	1,1	±	0,1 ^a	1,3	±	0,1 ^a			
	<i>Linum mucronatum</i> Bertol	6,2	±	0,8 ^{ab}	2,7	±	0,7 ^b	1,0	±	0,0 ^a			
	<i>Anchusa leptophylla</i> Roem. & Schult	8,3	±	3,1 ^b	1,4	±	0,1 ^a	6,6	±	2,6 ^b			
	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	4,4	±	1,2 ^{ab}	1,1	±	0,1 ^a	2,8	±	0,6 ^a			
2000 m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	0,5	±	0,0 ^a	0,4	±	0,0 ^a	3,1	±	0,2 ^a	27,9	±	0,7 ^a
	<i>Hypericum scabrum</i> L.	0,7	±	0,1 ^a	0,3	±	0,0 ^a	1,2	±	0,1 ^a			
	<i>Inula oculus-christi</i> L.	0,2	±	0,0 ^a	0,8	±	0,0 ^a	3,2	±	0,2 ^a			
	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	0,4	±	0,1 ^a	2,8	±	0,3 ^a	8,4	±	1,0 ^b			
	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	0,8	±	0,1 ^a	0,3	±	0,0 ^a	3,2	±	0,5 ^a			
	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A.Mey	8,9	±	0,2 ^a	3,5	±	0,2 ^a	5,8	±	0,9 ^{ab}			
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	20,3	±	8,0 ^b	2,9	±	0,3 ^a	5,5	±	2,4 ^{ab}			
<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	5,2	±	0,4 ^a	8,6	±	2,3 ^b	2,3	±	0,1 ^a				
2500 m	<i>Scutellaria orientalis</i> L.	20,9	±	2,1 ^a	8,7	±	2,4 ^a	20,4	±	1,9 ^c	204,2	±	19,6 ^c
	<i>Lallemantia canescens</i> (L) Fisch. & Mey.	4,3	±	0,5 ^a	1,6	±	0,1 ^a	5,1	±	0,5 ^a			
	<i>Coronilla orientalis</i> Miller	0,2	±	0,0 ^a	0,4	±	0,0 ^a	2,0	±	0,3 ^a			
	<i>Dianthus orientalis</i> Adams.	44,2	±	22,7 ^b	0,3	±	0,0 ^a	1,6	±	0,1 ^a			
	<i>Crepis armena</i> DC	48,6	±	2,2 ^b	97,0	±	7,1 ^b	40,3	±	2,1 ^d			
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	47,2	±	3,0 ^b	6,6	±	0,4 ^a	69,9	±	2,3 ^c			
	<i>Euphorbia petrophila</i> C.A. Meyer	3,9	±	0,8 ^a	2,1	±	0,1 ^a	2,0	±	0,1 ^a			
	<i>Anthemis cretica</i> L.	15,5	±	0,7 ^a	8,6	±	0,2 ^a	24,8	±	1,8 ^c			
	<i>Papaver fugax</i> Poirret	12,2	±	0,9 ^a	4,3	±	0,1 ^a	13,4	±	3,0 ^b			
<i>Aster alpinus</i> L.	13,3	±	2,9 ^a	10,0	±	1,5 ^a	35,8	±	3,6 ^d				
3000 m	<i>Pedicularis comosa</i> L.	8,3	±	0,7 ^a	14,3	±	1,9 ^d	17,2	±	2,0 ^c	81,6	±	11,9 ^b
	<i>Astragalus nezaketiae</i> A.Duran & Aytaç	2,4	±	0,3 ^a	0,8	±	0,0 ^a	11,6	±	0,2 ^b			
	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	0,6	±	0,0 ^a	4,0	±	0,6 ^{bc}	6,3	±	0,1 ^a			
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	3,2	±	0,3 ^a	2,6	±	0,2 ^{ab}	2,8	±	0,2 ^a			
	<i>Anthemis cretica</i> L.	4,1	±	0,2 ^a	4,1	±	0,6 ^{bc}	5,8	±	0,5 ^a			
	<i>Papaver fugax</i> Poirret	14,6	±	4,5 ^b	1,2	±	0,1 ^a	3,5	±	0,2 ^a			
	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	4,7	±	1,1 ^a	1,2	±	0,0 ^a	2,7	±	0,1 ^a			
<i>Turanecio hypochionaeus</i> (Boiss.) Hamzaoğlu	0,8	±	0,1 ^a	5,1	±	0,2 ^c	21,3	±	2,4 ^d				

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

Yükseklik	Bitki türü	Ba	Cd	Co	Cr	Pb
1500 m	<i>Alcea calvertii</i> (Boiss) Boiss.	1,30	0,27	0,20	0,14	0,05
	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	0,23	1,53	0,05	0,03	0,05
	<i>Astragalus ornithopodioides</i> Lam.	0,19	0,23	0,32	0,31	0,16
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	0,24	0,17	0,04	0,04	0,09
	<i>Linum mucronatum</i> Bertol	0,20	0,60	0,07	0,04	0,07
	<i>Anchusa leptophylla</i> Roem. & Schult	0,28	2,27	0,12	0,10	0,45
	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	0,33	0,20	0,05	0,04	0,19
2000 m	<i>Tanacetum mucroniferum</i> Hub. Mor. Et Grierson	0,21	0,62	0,17	0,17	0,11
	<i>Hypericum scabrum</i> L.	0,08	0,47	0,06	0,05	0,04
	<i>Inula oculus-christi</i> L.	0,20	0,64	0,23	0,19	0,11
	<i>Barbarea auriculata</i> Hausskn. ex Bornm	0,48	1,30	0,35	0,28	0,30
	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	0,21	0,36	0,26	0,23	0,11
	<i>Globularia trichosantha</i> Fisch. & C.A.Mey	0,21	0,45	0,25	0,22	0,21
	<i>Genista aucheri</i> Boiss.	0,13	0,51	0,05	0,03	0,20
<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. & Kit.	0,22	0,38	0,13	0,11	0,08	
2500 m	<i>Scutellaria orientalis</i> L.	0,38	0,49	0,20	0,22	0,10
	<i>Lallemantia canescens</i> (L) Fisch. & Mey.	0,83	1,03	0,07	0,08	0,02
	<i>Coronilla orientalis</i> Miller	0,18	0,11	0,22	0,24	0,01
	<i>Dianthus orientalis</i> Adams.	0,30	0,15	0,10	0,12	0,01
	<i>Crepis armena</i> DC	0,37	3,29	0,25	0,25	0,20
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	0,48	0,92	0,17	0,15	0,34
	<i>Euphorbia petrophila</i> C.A. Meyer	1,00	0,95	0,06	0,04	0,01
	<i>Anthemis cretica</i> L.	0,21	1,78	0,17	0,17	0,12
	<i>Papaver fugax</i> Poiret	0,20	0,57	0,12	0,31	0,07
<i>Aster alpinus</i> L.	0,25	1,87	0,26	0,25	0,18	
3000 m	<i>Pedicularis comosa</i> L.	0,28	0,39	0,12	0,12	0,21
	<i>Astragalus nezaketiae</i> A.Duran & Aytaç	0,48	0,18	0,15	0,21	0,14
	<i>Scorzonera sericea</i> DC.	0,47	0,52	0,09	0,10	0,08
	<i>Campanula tridentata</i> Schreber	2,24	0,78	0,50	0,55	0,03
	<i>Anthemis cretica</i> L.	0,15	1,30	0,25	0,31	0,07
	<i>Papaver fugax</i> Poiret	0,43	2,00	0,07	0,08	0,04
	<i>Hedysarum erythroleucum</i> Boiss.	0,18	0,32	0,22	0,23	0,03
	<i>Turanecio hypochionaeus</i> (Boiss.) Hamzaoğlu	0,48	4,15	0,23	0,22	0,26

4. Sonuçlar ve neriler

Sonuç olarak, bu çalışma ile 4 ayrı yükseklikte yetişen bitkilerde ağır metal birikiminin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Cr ve Co metalllerinin rakım arttıca topraktaki miktarının azaldığı, Cd ile Pb metalllerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte 2500 m yükseklikte yetişen bitkilerde Ba, Cd ve Pb metalllerinin konsantrasyonunun 1500 m, 2000 m, 3000 m yükseklikte yetişen bitkilere göre daha yüksek olduğu grlmştir. Özellikle Cd ve Pb metalllerinin st kısımlarda yüksek olmasının anakayası kireçtaşı olan bölgelerde çinko kurşun yataklarının olmasından kaynaklanabilmektedir (DPT, 2001; Temur, 1992; Yalçın ve ark, 2004). *Turanecio hypochionaeus* ve *Crepis armena* bitki türlerinin Cd metalini yapraklarında ve köklerinde toprağa göre oldukça fazla biriktirdiği grlmştir. Doğada yetişen bitkilerin sağlık güvenliği açısından incelenmesi, bitkilerde ağır metallerin varlığının ve konsantrasyonunun belirlenmesi ile mümkün olup bu tür çalışmaların belirli periyotlarla yapılması önemlidir. Bununla birlikte bu tür çalışmalar ile biyomonitor ve hiperakmlator bitkilerin tespit edilmesi literatüre önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu alışma (TÜBİTAK 1001 Proje No: 120Z388) kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya katkıda bulunmuştur.

ıkar atışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar atışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Aktaş, S., (2019). 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*, 82 p.
- Alloway, B. J., (2007). Heavy metals in soils blackie academic & professional: london, UK. Salonen, V; Korkka-Niemi Kinfluence of parent sediments on the concentration of heavy metals in urban and suburban soils in turku. *Finland. Applied Geochemistry*, 22, 906–918.
- Aradhi, K., Krishna, A. K., Satyanarayanan, M., Pradip, K., and Govil, P. K., (2009). 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*, 167, 336–373.
- Arjouni, M. Y., Bennouna, M. A., El Alaoui El Fels, A., and Romane, M. A., (2015). Assessment of mineral elements and heavy metals in leaves of indigenous cypress of High Atlas Mountains. *Natural Product Research*, 29(8), 764-767.
- Beijer, K., and Jernelöv, A., (1986). General aspects of and specific data on ecological effects of metals. In: *Friberg, L., Nordberg, G.F., Vouk, V. (Eds.), Handbook on the Toxicology of Metals*, 253–268.
- Bing, H., Wu, Y., Zhou, J., Li, R., Luo, J., and Yu, D., (2016). Vegetation and cold trapping modulating elevation-dependent distribution of tracemetals in soils of a High Mountain in eastern tibetan plateau. *Scientific Reports*, 6, 24081 <https://doi.org/10.1038/srep24081>
- Bing, H., Zhou, J., Wu, Y., Luo, X., Xiang, Z., Sun, H., Wang, J., and Zhu, H., (2018). Barrier effects of remote high mountain on atmospheric metal transport in the eastern Tibetan Plateau. *Science of the Total Environment*, 628–629, 687–696. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.035>
- Blackwell, B. D., and Driscoll, C. T., (2015). Deposition of mercury in forests along a montane elevation gradient. *Environmental Science & Technology*, 49, 5363–5370. <https://doi.org/10.1021/es505928w>
- Boz, D., ve Yılmaz, A., (2020). An Approach to the Planning and Environmental Geology of Erzincan Plain and its Surroundings. *Journal of Geological Engineering*, 44, 225-254.
- Cetin, M., and Jawed, A. A., (2022). Variation of Ba concentrations in some plants grown in Pakistan depending on traffic density. *Biomass Conversion and Biorefnery*.
- Devkota, B., and Schmidt, G. H., (2000). Accumulation of heavy metals in food plants and grasshoppers from the Taigetos Mountains, Greece. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78, 85–91.
- DPT. VIII. (2001). Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Metal Madenler Alt Komisyonu, Kurşun-Çinko-Kadmiyum Çalışma Grubu Raporu, Yn no. DPT: 2628, ÖİK:639.
- Elveren, M., ve Osma, E., (2021). Farklı özellikteki tencerelerde pişirilen sebzelerde element birikiminin araştırılması. *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 732-738.
- Ergün, N., Yolcu, H., ve Özçubukçu, S., (2012). Amanos Dağlarındaki Bazı Tıbbi Bitki Türlerinde Ağır Metal Birikimi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(1), 21-23.
- Ergün, N., Yolcu, H., Karanlık, S., ve Dikkaya, E., (2010). Amanoslar'da (Hatay) Yetişen Bazı Bitki Türlerinde Ağır Metal Birikimi ve Mineral İçerik Üzerine Bir Çalışma. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3 (2), 121-127.
- Isinkaralar, K., (2022a). The large-scale period of atmospheric trace metal deposition to urban landscape trees as a biomonitor. *Biomass Conversion and Biorefnery*, <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02796-4>
- Isinkaralar, K., (2022b). Temporal Variability of Trace Metal Evidence in *Cupressus arizonica*, *Platanus orientalis*, and *Robinia pseudoacacia* as Pollution-Resistant Species at an Industrial Site. *Water Air Soil Pollution*, 233, 250.
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., ve Cetin, M., (2021). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering*, 18(1), 75-83 <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00483-6>
- Korkmaz, M., ve Alpaslan, Z., (2014). Ergen Dağı (Erzincan--Türkiye)'nin etnobotanik özellikleri. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 1(3), 1-31.
- Ladislav, S., El Mufleh, A., Gérente, C., Chazarenc, F., Andrès, Y., and Béchet, B., (2012). Potential of aquatic macrophytes as bioindicators of heavy metal pollution in urban stormwater runoff. *Water, Air, & Soil Pollution*, 223(2), 877-888.
- Laishram P., and Kshetrimayum K. S., (2019). 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*, 12, 337.

- Li, Z., He, Y., Yang, X., Theakstone, W.H., Jia, W., Pu, T., Liu, Q., He, X., Song, B., Zhang, N., Wang, S., and Du, J., (2010). Changes of the hailuogou glacier, mt. Gongga, China, against the background of climate change during the holocene. *Quaternary International*, 218, 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.09.005>
- Malencic, Dj., Kevrešan, Z., and Popovic M., (2005). Heavy Metals Content in Some Medicinal and Aromatic Wild Growing Plants From the Frushka Gora Mountain. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara*, 3(1): 37–40.
- Manteca-Bautista, D., Andrés, V., Pérez-Latorre, H. F., and Noelia, H. T., (2022). 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*, 24(12), 1301-1309. doi:10.1080/15226514.2021.2025206
- Marschner, H., (2016). Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. San Diego (US): Academic Press.
- Munzuroğlu, F. K., ve Zengin, Ö., (2004). 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*, 17, 1-10.
- Nriagu, J. O., and Pacyna, J., (1988). Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soil by trace metals. *Nature*, 333, 134–139.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A. M., ve Pehlivan, M., (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Alinteri*, 17(B): 14-26.
- Okut, N., (2019). Van İlinden Seçilmiş Bazı Tıbbi Bitkilerin Ağır Metal İçerikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 533-544.
- Osma, E., ve Kandemir, A., (2016). Analysing the effect of elements upon some endemic Plants spreading over different habitats. *Feb-Fresenius Environmental Bulletin*, 25(7), 2454-2460.
- Özhatay, N., (2006). Türkiye'nin BTC Boru Hattı Boyunca Önemli Bitki Alanları s. 125-127, BTC şirketi, İstanbul. Pils, G. Flowers of Turkey; a Photo Guide. Friedrich VDV, Linz.
- Patterson, J. B. E., (1971). 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. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.htm>
- Sahin, I., Akcicek, E., Guner, O., Dogan, Y., and Ugulu, I., (2016). An investigation on determining heavy metal accumulation in plants growing at Kumalar Mountain in Turkey. *EurAsian Journal of BioSciences*, 10, 22-29.
- Sevik, H., Cetin M., Ozel, H. B., Ozel, S., and Cetin I. Z., (2020). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(78). <https://doi.org/10.1007/s10661-019-8041>
- Temur, S., (1992). Bolkardağı yöresi (Ulukışla/Niğde) çinko kurşun yataklarının jeokimyasal incelemesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35, 101-114.
- Wang, X., Luo, J., Yin, R., Yuan, W., Lin, C. J., Sommar, J., Feng, X., Wang, H., and Lin, C., (2017). Using mercury isotopes to understand mercury accumulation in the montane forest floor of the eastern tibetan plateau. *Environmental Science & Technology*, 51, 801–809. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03806>
- Yalçın, M. G., ve Altuncu, S., (2004). İspirtepe (Niğde) Civarı Karbonatlı Çinko-Kurşun Yataklarının Jeolojik Ve Mineralojik Özellikleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 57-65.
- Yavuzer, H., ve Osma, E., (2018). 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*, 7(2),122-129.
- Zang, F., Chang, Y., Zhao, X., Wang, H., Zhao, C., Nan, Z., Wang, S., and Wu, Y., (2022). Influence of atmospheric trace elements wet deposition on soils and vegetation of Qilian Mountain forests China. *Ecological Indicators*, 141, 109151.
- Zechmeister, H. G., (1995). Correlation Between Altitude and Heavy Metal Deposition in the Alps. *Environmental Pollution*, 89, 73-80.
- Zeng, S., Li, X., Yang, L., and Wang, D., (2023). Understanding heavy metal distribution in timberline vegetations: A case from the Gongga Mountain, eastern Tibetan Plateau. *Science of the Total Environment*, 874, 162523.