

PAPER DETAILS

TITLE: Bazi Geofitlerin Indüktif Eslesmis Plazmalı Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ile Makro ve Mikro Element Analizi

AUTHORS: Adil UMAZ,Firat AYDIN,Mehmet FIRAT,Abdulselam ERTAS

PAGES: 47-58

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1612201>



Araştırma Makalesi / Research Article

Bazı Geofitlerin İndüktif Eşleşmiş Plazmalı Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ile Makro ve Mikro Element Analizi

Macro and Micro Element Analysis of Some Geophytes by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)

Adil UMAZ^{1,2,*}, Fırat AYDIN², Mehmet FIRAT³, Abdulsalam Ertaş⁴

¹Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, 47200, Mardin, Türkiye

²Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 65080, Van, Türkiye

⁴Dicle Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakogenezi Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 02 Mart 2021

Revize, 11 Mart 2021

Kabul, 12 Mart 2021

Online Yayınlama, 01 Nisan 2021

Anahtar Kelimeler

Makro ve mikro elementler,
Geofitler, Bazı yenilebilir ve süs
bitkileri, ICP-MS

ARTICLE INFO

Article History

Received, 02 March 2021

Revised, 11 March 2021

Accepted, 12 March 2021

Available Online, 01 April 2021

Keywords

Macro and micro elements,
Geophytes, Some edible and
ornamental plants, ICP-MS

ÖZ

Bu çalışmada, yenilebilir ve süs bitkisi olarak kullanılan geofit olan *Allium kharputense*, *Allium pseudo ampeloprasum*, *Allium rhetoreanum*, *Allium shatakiense*, *Allium vineale*, *Eremurus spectabilis*, *Fritillaria persica* ve *Tulipa sintenisii* türlerinin Na, K, Mg, Fe, Al, Se, Li, Ba, Be, Cu, Co, Cd, Cr, Mn, Ni, Zn, Pb, B, Mo ve Ti elementlerinin metal içeriği ICP-MS ile tayin edilmiştir. Çalışmada kullanılan türlerin toprak üstü kısımlarından oluşan örnekler ICP-MS ile analiz edilmeden önce mikrodalga çözünürleştirme işlemine derişik nitrik asit ve hidrojen peroksit ilave edilerek hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan türlerin metal analiz sonuçlarına göre tüm türler değerlendirildiğinde, *A. kharputense* türünün Na (3054 mg/kg) ve Ba (52.68 mg/kg), *F. persica* türünün K (60065 mg/kg), Cu (18.58 mg/kg), Zn (68.14 mg/kg) ve Mo (2.65 mg/kg), *T. sintenisii* türünün Fe (2285 mg/kg), Cr (8.19 mg/kg), Mn (91.89 mg/kg), Ni (14.82 mg/kg), Pb (3.24 mg/kg), Mg (30505 mg/kg), Al (2556 mg/kg), Ti (183 mg/kg), Se (49.56 mg/kg), Li (2.69 mg/kg), Be (0.05 mg/kg) ve Co (2.58 mg/kg), *A. vineale* türünün Cd (4.69 mg/kg), *E. spectabilis* bitkisinin B (255 mg/kg) metal içeriği daha yüksek olduğu belirlenmiştir. *A. rhetoreanum*, *A. shatakiense*, *A. vineale*, *E. spectabilis*, *F. persica* ve *T. sintenisii* türlerinin Cd içeriği WHO'ya göre yüksek bulunurken, Pb içerikleri düşük olduğu tespit edilmiştir.

ABSTRACT

In this study, metal contents of Na, K, Mg, Fe, Al, Se, Li, Ba, Be, Cu, Co, Cd, Cr, Mn, Ni, Zn, Pb, B, Mo, and Ti elements of species *Allium*

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: adilumaz@artuklu.edu.tr (Adil UMAZ), faydin@dicle.edu.tr (Fırat AYDIN),

kuyucak65@yahoo.com (Mehmet FIRAT), abdulsalamertas@hotmail.com (Abdulsalam ERTAŞ)

kharpotense, *Allium pseudo ampeloprasum*, *Allium rhetoreanum*, *Allium shatakiense*, *Allium vineale*, *Eremurus spectabilis*, *Fritillaria persica*, and *Tulipa sintenisii* the geophytes which is edible and used as ornamental plants were determined by ICP-MS. Samples consisting of the above-ground parts of the species used in the study were prepared by adding concentrated nitric acid and hydrogen peroxide in the microwave solubilization process before being analyzed by ICP-MS. When all species are evaluated according to the metal analysis results of the species used in the study, Na (3054 mg/kg) and Ba (52.68 mg/kg) of *A. kharpotense* species, K (60065 mg/kg), Cu (18.58 mg/kg), Zn (68.14 mg/kg) and Mo (2.65 mg/kg) of *F. persica* species, Fe (2285 mg/kg) Cr (8.19 mg/kg), Mn (91.89 mg/kg), Ni (14.82 mg/kg), Pb (3.24 mg/kg), Mg (30505 mg/kg), Al (2556 mg/kg), Ti (183 mg/kg), Se (49.56 mg/kg), Li (2.69 mg/kg), Be (0.05 mg/kg) and Co (2.58 mg/kg) of *T. sintenisii* species, Cd (4.69 mg/kg) of *A. vineale* species, B (255 mg/kg) of *E. spectabilis* species were determined to have higher metal contents. While Cd content of *A. rhetoreanum*, *A. shatakiense*, *A. vineale*, *E. spectabilis*, *F. persica* and *T. sintenisii* species were higher than WHO, Pb contents were found to be low.

1. GİRİŞ

Çiçekli bir zambak ailesinden olan Liliaceae, öncelikle ılıman ve subtropikal bölgelere özgü olup 16 cins ve 635 bitki ve çalı türünden oluşmaktadır. Ailenin üyeleri genellikle altı bölümlü çiçek ve üç odacıklı kapsüller meyveye sahiptir. Bu aile üyelerinin yaprakları genellikle paralel damarlara sahiptir ve bitkinin tabanında kümelenir. Ancak gövde boyunca değişebilir veya halka şeklinde düzenlenebilir. Bu ailenin üyelerinden, özellikle *Erythronium*, *Fritillaria*, *Lilium* (zambak) ve *Tulipa* (lale) türleri bahçe süsleri ve ev bitkilerinden oluşmaktadır [1].

Tilkikuyruğu zambakları veya çöl mumları olarak bilinen *Eremurus* cinsi, Liliaceae ailesinin önemli cinslerinden biridir [2]. Yaklaşık 50 tür içeren *Eremurus* cinsi, özellikle İran, Batı Pakistan, Afganistan, Tacikistan, Irak, Türkiye, Filistin, Lübnan, Suriye ve Kafkasya dâhil olmak üzere Güney Asya ve Orta Asya'da kuru ve taşlı otlak yamaçlarda yaygın olarak dağılım göstermektedir [2-5]. Bu cinsin üyeleri halk hekimliğinde çeşitli hastalıkları tedavi etmek için kullanılmaktadır [5].

Fritillaria cinsi, Liliaceae ailesinin bir üyesidir [6]. Dünya çapında bu cinsi, 165 taksonla temsil edilmektedir. Türkiye'de *Fritillaria* cinsi 45 türü sahip olup bunların 23'ü endemiktir [7]. Bu cinsin türleri Türkiye, İran, Irak, Afganistan, Rusya, Suriye, Lübnan, Ürdün, Pakistan, Çin, Japonya, Amerika, Yunanistan, Bulgaristan, İtalya, İspanya, Portekiz ve Kuzey Afrika dâhil olmak üzere geniş bir coğrafyaya dağılmıştır. Bu cins özellikle ülkemizde Akdeniz, Doğu Anadolu, Trakya, Karadeniz ve İç Anadolu bölgesinde dağılmıştır [8]. Bu cinsin üyeleri çekici, süs bitkisi ve tıbbi türlerden oluşur. *Fritillaria* cinsinden biri olan soğanlı *Fritillaria*, geleneksel Çin tıbbında en önemli antitussif, balgam söktürücü ve antihipertansif ilaçlardan biri olarak kullanılmıştır. Ayrıca, Nepal'de yerel halk tarafından baş ağrısı, sindirim sorunları, karın ağrısı ve böbrek rahatsızlıkları için kullanılmıştır [7].

T. sintenisii, çok yıllık otsu bir bitki olup 1100-2440 m yükseklikte yetişen endemik bir türdür. Bitkinin genel dağılımı ülkemizde olup Gaziantep, Hakkâri, Şırnak, Ağrı, Elâzığ, Erzurum, Kayseri, Kahramanmaraş ve Muş illerinde dağılım göstermektedir [9].

Allium cinsi, kuru subtropikal bölgelerden kuzey bölgelere kadar yaygın olarak dağılan yaklaşık 750 tür içerir [10]. *Allium* cinsi soğan, sarımsak ve pırasa gibi bilinen türleri içerir. Türkiye'de kormen, kaya sarımsak, vahşi soğan, vahşi sarımsak, köpek soğan ve çoban sarımsak gibi geleneksel olarak tüketilen *Allium* cinsileri gıda veya tedavi amaçlı olarak kullanılmaktadır [11, 12]. Bu türler dünya çapında yüzyıllardır ekonomik, besinsel ve geleneksel tıbbi yararları için kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı, *Allium* türlerinin antimikrobiyal, antitümör antifungal, antibakteriyel, kemopreventif, antihipertansif antikanser ve antikoagülan aktivitesi dâhil olmak üzere farmakolojik ve terapötik etkileri açısından araştırmıştır [13].

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) bakır, çinko, demir, kadmiyum, krom, arsenik ve kurşun için ham bitki materyallerinde ve gıdalarda izin verilen maksimum konsantrasyon seviyeleri sırasıyla 10, 20, 10-200, 0.3, 2.0, 1.0 ve 10 mg/kg olduğunu belirtmektedir [14-16]. Türk Gıda Kodeksi (TGK) gıdalarda müsaade edilebilen maksimum konsantrasyon miktarı bakır, çinko, cobalt ve demir için sırasıyla 10, 5-50, 0.2, ve 52 mg/kg olarak belirtmektedir [14].

Bitki örneklerindeki element içeriğinin ve konsantrasyonlarının belirlenmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler; Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi (AAS), Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi (FAAS), Grafit Fırınli Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi (GF-AAS), İndüktif Eşleşmiş Plazmalı Atomik Emisyon Spektrometresi (ICP-AES), İndüktif Eşleşmiş Plazmalı Optik Emisyon Spektrometrisi (ICP-OES), İndüktif Eşleşmiş Plazmalı Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ve X-ışını Floresans Spektrometrisi (XRF)'dir [17-20]. ICP-MS 1 pg/ml mükemmel hassasiyetle çeşitli numunelerdeki birçok elementi ölçmek için kullanılan etkili bir tekniktir. ICP-MS ile atom kütlesi 7 ila 250 olan elementlerin belirlenmesine izin verir. Bu yöntemde, başlangıçta numuneler indüktif eşleşmiş plazma ile iyonize edilir. Daha sonra, bu iyonları ayırmak ve ölçmek için bir kütle spektrometresi kullanılır [21].

Bu çalışmada; geofit olan, yenilebilen ve süs bitkisi olarak kullanılan bazı türlerin ICP-MS ile makro ve mikro element içeriği tayin edilmiş ve bu türlerin element içeriği karşılaştırılmıştır. Ayrıca, bu türlerin element içerikleri DSÖ ve TGK'nın ham bitki materyallerinde ve gıdalarda kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerleriyle karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Bitki Materyaller

Bazı geofit türleri Mehmet Fırat tarafından toplanmış, teşhisi yapılmış [11], örnekler herbaryum kuralına uygun kurutulmuş ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Herbaryumu'nda (VANF) M. Fırat toplayıcı numarası ile saklanmıştır. Geofit türlerine ait herbaryum numarası, toplanma yerleri ve toplanma zamanlarına ilişkin bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Geofit türlerine ait herbaryum numarası ve toplanma zamanları

Bitki Türü	Toplanma Yeri	Toplanma Zamanı	Herbaryum Numarası
<i>A. kharputense</i>	Siirt	17.05.2016	M.Fırat 32634 (VANF)
<i>A. pseudo ampeloprasmum</i>	Van	17.05.2016	M.Fırat 32633 (VANF)
<i>A. rhetoreanum</i>	Şırnak	18.05.2017	M.Fırat 32640 (VANF)
<i>A. shatakiense</i>	Van	17.05.2016	M.Fırat 32635 (VANF)
<i>A. vineale</i>	Hakkâri	19.05.2016	M.Fırat 32643 (VANF)
<i>E. spectabilis</i>	Van	20.05.2017	M.Fırat 33713 (VANF)
<i>F. persica</i>	Hakkâri	05.05.2017	M.Fırat 33715 (VANF)
<i>T. sintenisii</i>	Muş	06.05.2017	M.Fırat 33717 (VANF)

2.2 Reaktif ve Çözeltiler

Mikroalga çözünürleştirme işleminde analitik saflıkta HNO₃ (%70) ve H₂O₂ (%34.5-36.5) (Sigma Aldrich, Almanya) kullanıldı. Bütün deneylerde ultra saf su (18.2 MΩ) kullanıldı. Yöntemin doğruluğu ve kesinliği için sertifikalı referans maddesi NIST 1515 Elma Yaprağı (Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü, NIST, Gaithersburg, MD, ABD) kullanılarak değerlendirildi. Standart referans madde ile tespit edilen metal değerleri ve % geri kazanım değerleri Tablo 2'de verilmiştir. ICP-MS ölçümlerinde mix standart (100 mg/L, VHG Labs PN.: VHG-ZLGC1813) olarak Ag, Al, As, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V ve Zn kullanılmıştır. Kalibrasyon standart çözeltileri (0.01-4.00 mg/L), stok karışım standartlarının (1.00 mg/L) uygun seyreltilmesi ile hazırlandı. Kalibrasyon çizelgesine ait doğrusal aralık, regresyon, korelasyon katsayısı (R), algılama sınırı (LOD) ve ölçüm sınırı (LOQ) değerleri Tablo 3'te gösterilmektedir. Yirmi metal için LOD ve LOQ değerleri, 10 bağımsız blank çözeltisi kullanılarak hesaplandı.

Tablo 2. Standart referans madde (SRM) değerleri ve % geri kazanım

Element	Sertifika Değeri (mg/kg)	Tespit Edilen Değer (mg/kg)	% Geri Kazanım
Na	24.40±2.10	22.15±0.29	91
Mg	2710±120	2467±4	91
Al	285±6	314±2	110
K	16080±210	14478±91	90
Mn	54.10±1.10	50.85±0.19	94
Fe	82.70±2.60	80.77±0.27	98
Ni	0.936±0.094	0.950±0.010	101
Cu	5.69±0.13	5.86±0.10	103
Zn	12.45±0.43	13.70±0.46	110
Ba	48.80±2.30	48.20±0.30	99
Pb	0.470±0.024	0.490±0.002	104
Mo	0.095±0.011	0.089±0.007	94
B	27.60±2.80	28.20±1.57	102

Tablo 3. ICP-MS analiz metoduna ait analitik parametreler

Element	Kalibrasyon Aralığı (mg/L)	Kalibrasyon Denklemi	R ²	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)
Na	0.50-4.00	y = 5142.84 x + 357838	0.9997	49x10 ⁻³	162 x10 ⁻³
K	0.50-4.00	y = 2308.80 x + 315707	0.9997	17x10 ⁻³	56x10 ⁻³
Mg	0.10-4.00	y = 2226.27 x + 12319	0.9994	4.24x10 ⁻³	14x10 ⁻³
Fe	1.00-4.00	y = 34007.92 x + 701914	0.9990	5.12x10 ⁻³	17x10 ⁻³
Al	0.10-4.00	y = 1121.76 x + 1922	0.9995	2.73x10 ⁻³	9.08x10 ⁻³
Se	0.10-4.00	y = 829.63 x + 75232	0.9991	6.1x10 ⁻⁵	2.02x10 ⁻⁴
Li	0.05-4.00	y = 189.10 x + 213	0.9997	5.91x10 ⁻⁴	1.97x10 ⁻³
Ba	0.01-4.00	y = 198949.48 x + 11780	0.9998	8.8x10 ⁻⁵	2.9x10 ⁻⁴
Be	0.01-4.00	y = 22829.54 x + 709	0.9999	7.3x10 ⁻⁴	2.43x10 ⁻³
Cu	0.01-4.00	y = 31809.14 x + 16409	0.9994	3.3x10 ⁻⁴	1.1x10 ⁻³
Co	0.01-4.00	y = 55754.88 x + 1543	0.9997	1.5x10 ⁻⁴	4.9x10 ⁻⁴
Cd	0.01-4.00	y = 42086.25 x + 885	0.9996	4x10 ⁻⁴	1.33x10 ⁻³
Cr	0.01-4.00	y = 29985.59 x + 4895	0.9994	2.1x10 ⁻⁴	6.9x10 ⁻⁴
Mn	0.01-4.00	y = 18139.19 x + 5333	0.9995	2.8x10 ⁻⁴	9.2x10 ⁻⁴
Ni	0.01-4.00	y = 28319.45 x + 6335	0.9995	1.08x10 ⁻³	3.58x10 ⁻³
Zn	0.01-4.00	y = 9123.21 x + 7916	0.9994	5.8x10 ⁻⁴	1.92x10 ⁻³
Pb	0.01-4.00	y = 126261.36 x + 6134	0.9996	1.1x10 ⁻⁴	3.3x10 ⁻⁴
B	0.01-4.00	y = 5768.54 x + 33073	0.9994	1.1x10 ⁻⁵	3.5x10 ⁻⁵
Mo	0.01-4.00	y = 4155.44x + 196	0.9998	7.8x10 ⁻⁵	2.6x10 ⁻⁴
Ti	0.01-4.00	y = 260.23 x + 36	0.9994	5.8x10 ⁻⁵	1.93x10 ⁻⁴

2.3 Cihaz

Tür örneklerindeki Na, K, Fe, Cu, Cr, Mn, Ni, Zn, Cd, Pb, Mg, Al, B, Ti, Mo, Li, Be, Co, Se ve Ba metalleri Agilent 7700s model ICP-MS cihazı kullanılarak belirlendi. ICP-MS cihaz çalışma şartları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. ICP-MS cihaz analitik çalışma koşulları

Parametreler:	
RF Power	1550 W
Plazma gazı	Argon
Plazma gaz akış oranı	15 L/dk.
Helyum gaz akış oranı	4.3 ml/dk.
Nebulizer peristaltik pompa alım hızı	0.3 rps
Nebulizer peristaltik pompa alım zamanı	50 sn.
Nebulizer peristaltik pompa stabilize zamanı	45 sn.
Tekrar/örnek okuma	3
Tarama tekrar sayısı	100
Ölçülen element izotopları	²⁷ Al, ⁵² Cr, ⁵⁹ Co, ⁶³ Cu, ⁷ Li, ²³ Na, ²⁴ Mg, ²⁷ Al, ³⁹ K, ⁵⁵ Mn, ⁵⁶ Fe, ⁵⁸ Ni, ⁶⁴ Zn, ⁸⁰ Se, ⁹ Be, ¹¹² Cd, ⁵ B, ²² Ti, ¹³⁸ Ba ve ²⁰⁸ Pb

2.4 Bitki Örneklerinin Metal Analizlerine Hazırlanması

Geofit türlerinin metal analizlerinin yapılması için daha önceden kurutulmuş tür örnekleri havanda homojen hale getirilerek öğütüldü. Daha sonra tür örnekleri yaklaşık 0.1 g tartıldı ve mikrodalga teflon tüplerine konuldu. Tüplerin üzerine 6:2 oranında 6 ml HNO₃ ve 2 ml H₂O₂ eklendi [22, 23]. Mikrodalga cihazında (MILESTONE ETHOS One) örnekler ilk olarak 500 w enerjide 15 dk. boyunca 300°C'ye kadar ısıtıldı. Daha sonra örnekler 1500 w enerjide 15 dk. boyunca 300°C'de tutuldu. Son olarak örnekler 500 w enerjide 10 dk. boyunca 300°C'den 90°C'ye kadar kademeli olarak sıcaklık düşürüldü ve 40 dk. süre boyunca mikrodalga kapalı sistemde çözünürleştirme işlemi yapıldı. Mikrodalga çözünürleştirme işleminden sonra teflon tüplerdeki karışım mavi bantlı süzgeç kağıdı ile süzüldü. Elde edilen süzüntü 100 ml bolon joje alınarak üzerine ultra saf su ile 100 ml'ye kadar seyreltilti. Daha sonra seyreltilmiş olan örnekler ağzı vida kapalı analiz tüplerine konularak analize hazır hale getirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 5 incelendiğinde, A1 türünün metal içeriği Na; 3054, K: 29955, Mg; 2767, Fe; 273, Al; 482, B; 219, Ba; 52.68, Cu; 7.49, Zn; 40.04, Ti; 28.15, Mo; 1.75, Li; 0.20, Co; 0.79, Cr; 1.65, Mn; 30.91, Ni; 3.20, Cd; 4.31 ve Pb; 1.55 mg/kg olarak tespit edildi. Bu türde Se ve Be metal içeriği tespit edilemedi.

A. *Kharputense* türünün mineral ve eser elementlerinin belirlenmesi çalışmasında; bu türün metal içeriği ICP-MS cihazıyla saptanmış ve bu türün element konsantrasyonları B; 0.0017, Na; 108.0, Mg; 1282.4, P; 4071.0, K; 4455.0, Ca; 5419.7, Co; 1.4, Ni; 11.2, Cu; 19.1, Zn; 67.7, Sn; 0.64, Ba; 5.4, Mn; 54.8, Fe; 703.6 ve Al; 474.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir [13].

A2 türünün metal içeriği Na; 2269, K: 42190, Mg; 2667, Fe; 380, Al; 531, B; 214, Ba; 17.28, Cu; 3.60, Zn; 45.91, Ti; 23.41, Mo; 0.55, Li; 0.34, Co; 0.44, Cr; 1.56, Mn; 43.54, Ni; 3.69, Cd; 2.80 ve

Pb; 1.17 mg/kg olarak tespit edildi. Bu türde Se ve Be metal içeriği tespit edilemedi. A3 türünün metal içeriği Na; 2224, K; 28337, Mg; 2630, Fe; 450, Al; 597, B; 101, Ba; 10.65, Cu; 5.75, Zn; 34.44, Ti; 5.48, Mo; 0.14, Li; 0.38, Co; 0.44, Cr; 1.97, Mn; 55.38, Ni; 3.69, Cd; 0.78 ve Pb; 1.49 mg/kg olarak tespit edildi. Bu türde Se ve Be metal içeriği tespit edilemedi. A4 türünün metal içeriği Na; 2197, K; 35190, Mg; 2073, Fe; 214, Al; 275, B; 213, Ba; 9.39, Cu; 5.19, Zn; 59.90, Ti; 11.95, Mo; 0.65, Co; 0.31, Cr; 1.05, Mn; 29.41, Ni; 2.40, Cd; 1.37 ve Pb; 0.83 mg/kg olarak tespit edildi. Bu türde Se, Be ve Li metal içeriği tespit edilemedi. A5 türünün metal içeriği Na; 2596, K; 25956, Mg; 1757, Fe; 292, Al; 467, B; 224, Ba; 15.00, Cu; 5.10, Zn; 55.65, Ti; 16.75, Mo; 1.64, Li; 0.64, Co; 0.41, Cr; 1.38, Mn; 66.20, Ni; 2.61, Cd; 4.69 ve Pb; 0.78 mg/kg olarak tespit edildi. Bu türde Se ve Be metal içeriği tespit edilemedi. E1 türünün metal içeriği Na; 2317, K; 54434, Mg; 2958, Fe; 489, Al; 631, B; 255, Ba; 11.51, Cu; 12.50, Zn; 63.42, Se; 38.21, Ti; 50.75, Mo; 0.84, Li; 1.33, Be; 0.02, Co; 0.38, Cr; 2.23, Mn; 51.37, Ni; 7.08, Cd; 0.38 ve Pb; 0.59 mg/kg olarak tespit edildi.

Tablo 5. Bazı geofit türlerin ICP-MS ile metal analiz sonuçları

Geofit Türler				
Elementler	A1	A2	A3	A4
Na	3054±19	2269±11	2224±9	2197±9
K	29955±159	42190±360	28337±330	35190±201
Mg	2767±25	2667±17	2630±14	2073±14
Fe	273±1	380±1	450±6	214±1
Al	482±1	531±2	597±2	275±1
B	219±2	214±9	101±20	213±3
Ba	52.68±0.44	17.28±0.13	10.65±0.13	9.29±0.10
Cu	7.49±0.07	3.60±0.05	5.75±0.08	5.19±0.08
Zn	40.04±0.10	45.91±0.19	34.44±0.24	59.90±0.17
Se	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Ti	28.15±0.76	23.41±0.58	5.48±0.27	11.95±0.38
Mo	1.75±0.07	0.55±0.02	0.14±0.05	0.65±0.03
Li	0.20±0.42	0.34±0.42	0.38±0.26	T.E.
Be	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Co	0.79±0.01	0.44±0.01	0.44±0.02	0.31±0.01
Cr	1.65±0.01	1.56±0.01	1.97±0.02	1.05±0.01
Mn	30.91±0.20	43.54±0.13	55.38±0.82	29.41±0.12
Ni	3.20±0.02	3.69±0.01	3.69±0.01	2.40±0.02
Cd	4.31±0.03	2.80±0.02	0.78±0.01	1.37±0.01
Pb	1.55±0.01	1.17±0.01	1.49±0.01	0.83±0.01

A1: *A. kharputense*, **A2:** *A. pseudo ampeloprasum*, **A3:** *A. rhetoreanum*,

A4: *A. Shatakiense*, **T.E.:** Tespit edilemedi.

Sonuçlar mg/kg ± RSD olarak verilmiştir.

Tablo 5. Bazı geofit türlerin ICP-MS ile metal analiz sonuçları (devamı)

Elementler	Geofit Türler			
	A5	E1	F1	T1
Na	2596±14	2317±10	2435±9	2327±13
K	25956±127	54434±393	60066±161	19718±39
Mg	1757±14	2958±59	2789±11	3506±28
Fe	292±2	489±4	547±3	2285±20
Al	467±5	631±2	737±2	2556±47
B	224±6	255±6	223±2	175±3
Ba	15.00±0.03	11.51±0.11	7.00±0.04	11.95±0.13
Cu	5.10±0.05	12.50±0.12	18.58±0.07	9.30±0.09
Zn	55.65±0.61	63.42±0.04	68.14±0.25	45.26±0.43
Se	T.E.	38.21±0.29	40.44±0.63	49.56±0.48
Ti	16.75±1.89	50.75±0.45	56.81±0.81	183±1
Mo	1.64±0.22	0.84±0.02	2.65±0.07	0.86±0.07
Li	0.64±0.16	1.33±0.09	1.89±0.50	2.69±0.37
Be	T.E.	0.02±0.01	0.02±0.01	0.05±0.01
Co	0.41±0.01	0.38±0.02	0.57±0.01	2.58±0.01
Cr	1.38±0.02	2.23±0.01	1.66±0.01	8.19±0.03
Mn	66.20±0.22	51.37±0.62	48.39±0.39	91.89±0.97
Ni	2.61±0.01	7.08±0.03	5.85±0.03	14.82±0.03
Cd	4.69±0.01	0.38±0.01	1.19±0.01	1.21±0.01
Pb	0.78±0.01	0.59±0.01	0.92±0.01	3.24±0.03

A5: *A. vineale*, E1: *E. spectabilis*, F1: *F. persica*, T1: *T. Sintonisii*,

T.E.: Tespit edilemedi.

Sonuçlar mg/kg ± RSD olarak verilmiştir.

Tosun ve ark., tarafından 2012 yılında yapılan bir çalışmada; Çiriş otu (*E. spectabilis*) bitkisinin mineral element içeriği ICP-OES cihazıyla saptanmıştır. Bu bitkinin mineral element içeriğinin konsantrasyonları P; 43.00, K; 404, Ca; 30.90, Mg; 39.00, Na; 24.00, Fe; 7.10 ve Cu; 1.60 mg/100g olarak tespit edilmiştir [3]. Çiriş otu (*E. spectabilis*) yapılan başka bir çalışmada; bu bitkinin mineral element içeriği ICP-MS cihazıyla saptanmıştır. Bu bitkinin mineral element içerikleri Ca; 76.00, Fe; 2.42, Mg; 15.23, P; 42.80, Zn; 0.36, K; 263, Na; 1.48 ve Cu; 0.08 mg/100g olarak tespit edilmiştir [4].

F1 türünün metal içeriği Na; 2435, K; 60066, Mg; 2789, Fe; 547, Al; 737, B; 223, Ba; 7.00, Cu; 18.58, Zn; 68.14, Se; 40.44, Ti; 56.81, Mo; 2.65, Li; 1.89, Be; 0.02, Co; 0.57, Cr; 1.66, Mn; 48.39, Ni; 5.85, Cd; 1.19 ve Pb; 0.92 mg/kg olarak tespit edildi. T1 türünün metal içeriği Na; 2327, K; 19718, Mg; 3506, Fe; 2285, Al; 2556, B; 175, Ba; 11.95, Cu; 9.30, Zn; 45.26, Se; 49.56, Ti; 183, Mo; 0.86, Li; 2.69, Be; 0.05, Co; 2.58, Cr; 8.19, Mn; 91.89, Ni; 14.82, Cd; 1.21 ve Pb; 3.24 mg/kg olarak tespit edildi.

Geofit türlerin metal analiz sonuçlarına göre *Allium* cinsi kendi içerisinde değerlendirildiğinde, A1 türünün Na, Mg, Ba, Cu, Ti, Mo, Co ve Pb metal konsantrasyonları diğer türlerin metal konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı belirlendi. Bu türün yüksek çıkan metal konsantrasyonları sırasıyla 3054, 2767, 52.68, 7.49, 28.15, 1.75, 0.79 ve 1.55 mg/kg olarak tespit edildi. 5 farklı *Allium*

türünün tümünde Be ve Se metalleri tespit edilemedi. A2 türünün K ve Ni metal konsantrasyonları diğer türlerin metal konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı belirlendi. Bu türün yüksek çıkan metal konsantrasyonları sırasıyla 42190 ve 3.69 mg/kg olarak tespit edildi. A2 ve A3 türünün Ni metal konsantrasyonları aynı olduğu tespit edildi. A3 türünün Fe, Al ve Cr metal konsantrasyonları diğer türlerin metal konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı belirlendi. Bu türün yüksek çıkan metal konsantrasyonları sırasıyla 450, 597 ve 1.97 mg/kg olarak tespit edildi. A4 türünün Zn metal konsantrasyonları diğer türlerin metal konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı belirlendi. Bu türün yüksek çıkan metal konsantrasyonu 59.90 mg/kg olarak tespit edildi. Ayrıca, bu türde Li, Be ve Se metalleri tespit edilemedi. A5 türünün B, Li, Mn ve Cd metal konsantrasyonları diğer türlerin metal konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı belirlendi. Bu türün yüksek çıkan metal konsantrasyonları sırasıyla 224, 0.64, 66.20 ve 4.69 mg/kg olarak tespit edildi.

Geofit türlerin metal analiz sonuçlarına göre tüm türler birlikte değerlendirildiğinde, A1 türünün Na ve Ba metal konsantrasyonları diğer türlerin metal konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı belirlendi. Bu türün bitkisinin yüksek çıkan metal konsantrasyonları sırasıyla 3054 ve 52.68 mg/kg olarak tespit edildi. F1 türünün K, Cu, Zn ve Mo metal konsantrasyonları diğer türlerin metal konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı belirlendi. Bu türün yüksek çıkan metal konsantrasyonları sırasıyla 60065, 18.58, 68.14 ve 2.65 mg/kg olarak tespit edildi. A5 türünün Cd metal konsantrasyonu diğer türlerin metal konsantrasyonundan daha yüksek çıktığı belirlendi. Bu türün Cd metal konsantrasyonu 4.69 mg/kg olarak tespit edildi. E1 türünün B metal konsantrasyonları diğer türlerin metal konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı belirlendi. Bu türün yüksek çıkan metal konsantrasyonları sırasıyla 255 ve 51.94 mg/kg olarak tespit edildi. T1 türünün Se, Fe, Cr, Mn, Ni, Pb, Mg, Al, Ti, Li, Be ve Co metal konsantrasyonları diğer türlerin metal konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı belirlendi. Bu türün yüksek çıkan metal konsantrasyonları sırasıyla 49.56, 2285, 8.19, 91.89, 14.82, 3.24, 30505, 2556, 183, 2.69, 0.05 ve 2.58 mg/kg olarak tespit edildi.

Çalışılan geofit türlerin tümünde Zn metal konsantrasyonları DSÖ'nün kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerlerinden yüksek olduğu tespit edildi. A4, A5, E1 ve F1 türlerinin Zn metal konsantrasyonları TGK'nın kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerlerinden yüksek olduğu tespit edildi. E1 ve F1 Türlerinin Cu metal konsantrasyonu DSÖ ve TGK'nın kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerlerinden yüksek olduğu tespit edildi. A1, A2, A3, A4, A5, E1, F1 ve T1 türlerinin Fe metal konsantrasyonları DSÖ'nün kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerlerinden yüksek olduğu tespit edildi. A3, A4, A5, E1, F1 ve T1 türlerinin Fe metal konsantrasyonları TGK'nın kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerlerinden yüksek olduğu tespit edildi. Tablo 5'teki geofit türlerin tümünün Cd metal konsantrasyonları DSÖ'nün kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerlerinden yüksek olduğu ve Pb metal konsantrasyonlarının düşük olduğu tespit edildi. E1 ve T1 türlerinin Cr metal konsantrasyonları DSÖ'nün kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerlerinden

yüksek olduğu tespit edildi. A3, A4, A5, E1, F1 ve T1 türlerinin Co metal konsantrasyonları TKG'nın kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerlerinden yüksek olduğu tespit edildi.

4. SONUÇLAR

Bitkiler, kökler yardımıyla topraktaki elemanları kolayca yapılarına alır. Böylece bitkiler bünyelerine aldığı yararlı ve zararlı maddeleri topraktan insana transferinde önemli bir bağlantı oluşturur. Bitkilerin yenilmesi, bitkisel çay olarak tüketilmesi ve tıbbi bitki olarak kullanılmasında bünyelerindeki özellikle toksik metallerin insan sağlığı açısından tehlike oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı yerlerinden toplanan bazı geofit türlerinin yirmi makro ve mikro element içeriği açısından incelenmiştir. Bu geofit türlerin bazıları yenilebilir ve bazı türleri şifalı bitki olarak kullanıldıklarından bu türlerin özellikle toksik metal içeriği belirlenmesi çok önemlidir. Makro ve mikro element analizinde ICP-MS, 1 pg/ml mükemmel hassasiyetle çeşitli numunelerdeki birçok elementi ölçmek için kullanılan etkili bir tekniktir. Bu çalışmada, sekiz farklı geofit türün makro ve mikro element içeriği belirlenmiştir. Bu türlerin metal içerikleri tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5 değerlendirildiğinde; Na, K, Fe, Cu, Cr, Mn, Ni, Zn, Cd, Pb, Mg, Al, B, Ti, Mo, Li, Be, Co, Se ve Ba metal içerikleri sırasıyla 2167-3054, 19718-60066, 196-2285, 3.60-18.58, 1.05-8.19, 29.41-91.89, 1.63-14.82, 34.44-68.14, 0.38-4.69, 0.28-3.24, 1757-3506, 253-2556, 101-255, 5.48-183, 0.14-2.65, 0.20-2.69, 0.01-0.05, 0.14-2.58, 38.21-51.94 ve 7.00-52.68 mg/kg arasında değişmektedir.

Dünyada birçok ülke ham bitki materyallerinde ve gıdalarda kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerlerini farklı şekilde belirlemiştir. Genel değerlendirme DSÖ'nun değerleri baz alınarak yapılmaktadır. Ülkemizde hem DSÖ değerleri hem de TKG'nın belirlediği kabul edilebilir maksimum konsantrasyon değerleri baz alınarak yapılmaktadır. İncelenen türlerin tümünde Cd metal içeriği yüksek ve Pb metal içeriği düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak A1, A2, A3, A4, A5, E1, F1 ve T1 türlerinin dozaj kontrolü Cd metal içeriği bakımından çok önemlidir. Ayrıca, E1 ve T1 türlerinin Cr metal içeriği bakımından dozaj kontrolü yapılarak kullanılmalıdır.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, kullanılacak bitkinin yararlı ve toksik metal değerlerine bakılarak bitkinin tüketilmesinin sağlık açısından daha faydalı olacağı söylenebilir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğünce (DUBAP) FEN.19.011 nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Makale başka bir yerde yayınlanmamış ve aynı zamanda başka bir yere yayınlanmak üzere gönderilmemiştir. Makale yazarları çıkar çatışması olmadığını bildirmişlerdir. Makalenin içeriği ve yazımından sadece yazarları sorumludur.

YAZARLARIN KATKILARI

Adil UMAZ: Yazma-orjinal taslak hazırlama, veri toplama, verinin düzenlenmesi, görselleştirme. Fırat AYDIN: Kavramsallaştırma, metodoloji, doğrulama, gözetim ve liderlik sorumluluğu. Mehmet FIRAT: Bitkisel materyallerin toplanması, teşhisi. Abdulselam ERTAŞ: Analiz, analiz araçlarını sağlama, inceleme.

KAYNAKLAR

- [1] Encyclopedia Britannica, URL: <https://www.britannica.com/plant/Liliaceae> (Erişim zamanı: Nisan, 15, 2020).
- [2] L. Karakaya, Y. Akgül, and A. Nalbantsoy, “Chemical constituents and in vitro biological activities of *Eremurus spectabilis* leaves,” *Natural Product Research*, vol. 31, no. 15, pp. 1786–1791, 2017.
- [3] M. Tosun, S. Ercisli, H. Ozer, M. Turan, H. Padem, T. Polat, E. Ozturk, and H. Kilicgun, “Chemical composition and antioxidant activity of foxtail lily (*Eremurus spectabilis*),” *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, vol. 11, no. 3, pp. 145–153, 2012.
- [4] A. Cinar, S. T. Ay, F. Ayas, S. Karabak, N. Guzelsoy, and O. Ucurum, “Foxtail lily (*Eremurus spectabilis* M. Bieb.) as priority species of biodiversity for food and nutrition project of turkey,” *ANADOLU, J. of AARI*, vol. 27, no. 2, pp. 69–73, 2017.
- [5] Z. Tuzcu, G. Koclar, C. A. Agca, G. Aykutoglu, G. Dervisoglu, M. Tartik, E. Darendelioglu, Z. Ozturk, B. Kaya, and K. Sahin, “Antioxidant, antimicrobial and anticancer effects of different extracts from wild edible plant *eremurus spectabilis* leaves and roots,” *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, vol. 10, no. 3, pp. 4787–4797, 2017.
- [6] D. Çakmak, C. Karaoglu, M. Aasim, C. Sancak, and S. Özcan, “Advancement in protocol for in vitro seed germination, regeneration, bulblet maturation, and acclimatization of *fritillaria persica*,” *Turkish Journal of Biology*, vol. 40, no. 4, pp. 878–888, 2016.
- [7] M. Koçyiğit, U. Rastgeldi, and E. Kaya, “Cytotaxonomical analysis of eleven Turkish *Fritillaria* L. (Liliaceae)” *IUFS Journal of Biology*, vol. 75, no. 2, pp. 19–28, 2016.
- [8] M. Tekşen and Z. Aytaç, “Akdeniz bölgesi (Türkiye) *Fritillaria* L. (Liliaceae) cinsinin revizyonu,” *Turkish Journal of Botany*, vol. 35, no. 5, pp. 447–478, 2011.
- [9] M. T. Babaç, “Possibility of an information system on plants of south-west asia with particular reference to the turkish plants data service (TUBIVES),” *Turkish Journal of Botany*, vol. 28, no. 1–2, pp. 119–127, 2004.

- [10] L. Behçet and M. Rüstemoğlu, “*Allium shirnakiense*, sect. *Melanocrommyum* (Liliaceae), a new species from South-eastern Turkey,” *Turkish Journal of Botany*, vol. 36, no. 5, pp. 450–454, 2012.
- [11] M. Firat, “The ethnobotanical usage of some east anatolian,” *Manas Journal of Agricultural and Life Science*, vol. 5, no. 1, pp. 80–86, 2015.
- [12] M. Firat, F. A. Karavelioğulları, and A. Aziret, “Geophytes of east anatolia (Turkey),” *Manas Journal of Agricultural and Life Science*, vol. 5, no. 1, pp. 38–53, 2016.
- [13] E. Yabalak and A. M. Gizir, “Evaluation of total polyphenol content, antioxidant activity and chemical composition of methanolic extract from *allium kharputense* freyn et. Sint. and determination of mineral and trace elements,” *Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry*, vol. 4, no. 3, pp. 691–691, 2017.
- [14] D. Tuğruş, “Gaziantep’te atık sulardan etkilenen toprak ve bitkilerde eser element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe konsantrasyonlarının ICP-MS ile tayini” Yüksek lisans tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis, 2012.
- [15] H. Lv, Y. Zhang, Y. Sun, and Y. Duan, “Multielement patterns of danshen (*Salvia miltiorrhiza*) from origins in china,” *Microchemical Journal*, vol. 145, no. 1, October 2018, pp. 273–279, 2019.
- [16] İ. Yener, “Trace element analysis in some plants species by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES),” *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 9, no. 3, pp. 1492–1502, 2019.
- [17] K. Pytlakowska, A. Kita, P. Janoska, M. Połowniak, and V. Kozik, “Multi-element analysis of mineral and trace elements in medicinal herbs and their infusions,” *Food Chemistry*, vol. 135, no. 2, pp. 494–501, 2012.
- [18] A. Szymczycha-Madeja, M. Welna, and W. Zyrnicki, “Multi-element analysis, bioavailability and fractionation of herbal tea products,” *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 24, no. 5, pp. 777–787, 2013.
- [19] X. Zhang, W. Ding, J. Li, F. Liu, X. Zhou, and S. Tian, “Multi-elemental analysis of *Ziziphora clinopodioides* from different regions, periods and parts using atomic absorption spectrometry and chemometric approaches,” *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, vol. 25, no. 5, pp. 465–472, 2015.
- [20] Ş. Targan, E. G. Yelboğa, and M. Cittan, “Macro and trace element contents of some wild plants consumed as vegetable in Manisa District, Turkey,” *Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry*, vol. 5, no. 2, pp. 751–762, 2018.
- [21] J. Chandrasekhar Rao, B. G. Naidu, P. Sarita, S. Srikanth, and G. J. Naga Raju, “PIXE and ICP-MS analysis of *andrographis paniculata* medicinal plant,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 225, no. 1, 2017.
- [22] Z. Tunay, İ. Yener, E. Varhan Oral, A. Barla Demirköz, Ö. Tokul Ölmez, M. Firat, M. Öztürk, I. Aydın, F. Aydın, and A. Ertaş, “Trace element analysis in some *salvia* species by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) and chemometric approach,” *Journal of Research in Pharmacy*, vol. 24, no. 2, pp. 297–309, 2020.
- [23] E. Varhan Oral, Ö. Tokul Ölmez, İ. Yener, M. Firat, Z. Tunay, P. Terzioğlu, F. Aydın, M. Öztürk, and A. Ertaş, “Trace elemental analysis of *allium* species by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) with multivariate chemometrics,” *Analytical Letters*, vol. 52, no. 2, pp. 320–336, 2019.