

BAZI HİPERAKÜMÜLATÖR BİTKİLER VE ÖZELLİKLERİ


Fatma Güneş^{1,a}, Sümeyye Bozkurt^{2,b}

¹Trakya Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Fatmasötik Botanik ABD, Edirne, Turkey

²Trakya Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Fatmasötik Botanik ABD, Edirne, Turkey

*Corresponding Author:
E-mail: argunes@gmail.com

(Received 21st November 2020; accepted 10th June 2021)

 a : ORCID: 0000-0003-3450-3610

ÖZET

Dünya nüfusunun hızla artması, doğanın bilinçli ya da bilinçsiz tahrip edilmesi, maden ocakları, atık piller, pilastikler, pestisitler, kimyasal maddeler, endüstriyel atıklar, teknolojinin çok hızlı gelişmesi ve daha niceleri çevre kirliliğine neden olan etmenler arasında sayılabilir. Bütün bu kirliliklerin canlılara çok büyük zararlar verdiği bir gerçektir. Çevre kirliliğinin giderilmesinde birçok teknik kullanılmaktadır. Fitoremediasyon, çevre kirliliğinin (toprak ve suda oluşan ağır metal kirliliği) bitkiler kullanılarak giderilme yöntemidir. Fitoremediasyonda kullanılan bu bitkiler hiperakümülatör bitkiler olarak adlandırılır. Bilimsel çalışmalarla hiperakümülatör bitkilerin, çevre kirliliğine sebep olan mineralleri diğer bitkilere göre daha yüksek oranda bünyelerinde biriktirdikleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada Dünya’da ve Türkiye’de hiperakümülatör olarak kullanılan bazı bitkilerin biriktirdikleri mineraller ve özellikleri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çevre kirliliği, fitoremediasyon, hiperakümülatör bitkiler

SOME HYPERACUMULATOR PLANTS AND THEIR PROPERTIES

ABSTRACT

The rapid increase in the world population, the deliberate or unconscious destruction of nature, mines, waste batteries, pilasters, pesticides, chemicals, industrial wastes, rapid development of technology and many more can be counted among the factors that cause environmental pollution. It is a fact that all these impurities cause great harm to living things. Many techniques are used to eliminate environmental pollution. Phytoremediation is a method of removing environmental pollution (heavy metal pollution in soil and water) using plants. These plants used in phytoremediation are called hyperacumulative plants. Scientific studies have shown that hyperacumulator plants accumulate minerals that cause environmental pollution at a higher rate than other plants. In this study, the minerals and properties of some plants used as hyperacumulators in the world and in Turkey were investigated.

Keywords: Environmental pollution, hyperacumulative plants, phytoremediation

GİRİŞ

Bütün dünya ülkeleri için sorun olan çevre kirliliği canlıların geleceğini tehdit etmektedir. Alınan önlemlerin yetersiz olduğu bilinmektedir. Kirli topraklarla ilgili

yeterli araştırma çalışmalarının olmayışı acı bir gerçektir. Her şeyden önce kirleticilerin kaynağının kesilmesi ve toplumların doğacak çevre sorunları konusunda bilinçlendirilmesidir. Daha sonra kirliliğin olduğu bölgelerin tespit edilmesi ve bunun giderilmesi gereklidir. Bir sonraki adım ise laboratuvar çalışmalarıdır. Coğrafi özellikler, kirleticiler ve hidro-jeolojik alan özellikleri gibi ilgili çalışmalar yapılmalı ve uygun biyolojik arıtma yöntemi belirlenmelidir. Seçilen yöntemin ekonomik uygunluğu da çok önemlidir. Toprak; pestisitler, kimyasal gübreler, topraktaki değişiklikler veya hormonların kullanımı, sıvı ve katı atıkların boşaltılması, tarım için atık suyun kullanımı, atmosferdeki atıkların yağmur yoluyla toprağı kirletmesi gibi etmenlerle kirlenmektedir ve bu kirliliklerin çoğu tarımsal üretimin kalitesini ve miktarını düşürmektedir [1-3].

Öte yandan, toprakların doğal yapılarında bulunan asbest ve diğer serbest kirleticiler bir başka toprak kirliliğinin kaynaklarındandır. Doğal ve insan yapımı faaliyetler nedeniyle kirliliğe sebebiyet veren kirleticiler genellikle organik (pestisitler, hormonlar) veya inorganik bileşikler (ağır metaller, vb.) olarak bilinmektedir [1].

Cıva (Hg), Mangan (Mn), Demir (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Kadmiyum (Cd), Arsenik (As), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Gümüş (Ag) ve Selenyum (Se) gibi 60'dan fazla element ağır metal olarak tanımlanmaktadır [4, 5]. Bu ağır metallerden Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd), Cıva (Hg), Arsenik (As), Krom (Cr), Bakır (Cu), Selenyum (Se), Nikel (Ni), Gümüş (Ag) ve Çinko (Zn) oldukça yaygın kirleticiler olup, Alüminyum (Al), Sezyum (Cs), Kobalt (Co), Manganez (Mn), Molibden (Mo), Stronsiyum (Sr) ve Uranyum (U) daha az yaygın bulunan kirleticiler arasındadır [6].

Ağır metalin kontrolü için kullanılan fiziksel ve kimyasal arıtma yöntemleri toprak kirliliği nedeniyle yaygın olarak tercih edilmemektedir. Bu teknikler toprak kirliliği açısından en önemli çevre kirletici olmalarının yanı sıra yüksek maliyetlere sebebiyet vermeleri ve bu kirleticilerin nihai olarak alınmasında yaşanan zorluk, bu tekniklerdeki dezavantajlar arasında sayılmaktadır. Bu nedenle, ağır metallerin ve diğer bazı kirleticilerin uzaklaştırılmasında kullanılan tekniklerden biri olan fitoremediasyon yöntemi; bitkilerin yardımıyla topraktan kirleticilerin alındığı bir yöntemdir ve bu teknik ekonomik olarak daha uygun bir yöntem olmasının yanı sıra ekolojik olarak da daha çevresel bir yöntem olduğu için daha çok tercih edilir [1].

Toprakta bulunan ağır metaller bitkinin kökleri vasıtasıyla alınabilmektedir. Birçok bitkinin yanı sıra *Thlaspi caeruledcens* L. bitkisi; yaklaşık 100 ppm Zn depolama kapasitesine sahip olması ve 26 000 ppm üzerinde depolayabilmesi açısından hiperakümülatör kapasitesi bakımından en iyi olan bitkilerdendir [1,4].

Fitoremediasyon yönteminin kirliliğin giderilmesinde son aşama olmadığı bir gerçektir ve yapılarında kirliliklerin depolandığı bu bitkiler yakılarak birçok işlemden geçirildikten sonra tekrar metal elde edilmesi ve böylelikle ekonomik bir fayda sağlayabileceği nedeniyle her açıdan iyi bir yöntemdir [1].

Hiperakümülatör bitki terimi diğer bitkilere oranla çok yüksek konsantrasyonlarda kirletici içeren alanlarda yetişebilen ve bu kirlilikleri kökleri aracılığıyla alıp kökleri veya diğer doku ve organlarında depolayabilen bitkilere verilen addır.

Hiperakümülatör bitkilerin dışındaki bitkiler için, bu kirleticilerin yaşadığı alanda bu kadar yüksek konsantrasyonlarda bulunmak bitkide toksik etki oluşturabilir. Özellikle iz elementler (Cu, Mn, Se, Zn vb.) hiperakümülatör bitkilerde bol miktarda depolanmaktadır. Hiperakümülatör bitkiler kirliliğe neden olan elementleri aynı alanda

yetişen diğer tür bitkilere kıyasla kuru ağırlığında 100 kat daha fazla biriktirebilme özelliğine sahiptir.

Ağır metal biriktirebilen bitki türlerinin sayısı yeryüzünde yaklaşık 450 olarak bilinmektedir. Bu bitki türlerinin büyük çoğunluğu Ni'i konsantra hale getirirken, yaklaşık olarak 30 adedi Cu, Zn ve/veya Co' ı biriktirebilmekte, nadiren de Cd ve Mn'ı yapısına katabilmektedir.

Brassicaceae familyası 87 hiperakümülatör tür ve 11 cins ile hiperakümülatör bitki içeren en büyük familya olarak kabul edilmektedir. Brassicaceae familyasında bulunana 7 cins ve 72 tür nikel biriktirebilmektedir. Bunun yanında bazı bitki türleri sadece bir cins ağır metalin yanında birçok farklı ağır metali aynı anda biriktirebilme özelliğine sahiptirler. Bu tarz bitkilere örnek olarak *T. caerulescence* Ni, Cd, Zn ve Pb; *T. goesingense* Zn ve Ni; *T. ochroleucum*, Zn ve Ni ve *T. rotunolifolium* Zn, Pb ve Ni elementlerini biriktirmeleri verilebilir [6].

Birçok araştırmada, *T. caerulenscens*, *Arabidopsis thaliana*, *Brassica juncea* (Brassicaceae), *Lycopersicum esculentum* (Solanaceae), *Zea mays*, *Hordeum vulgare*, *Oryza sativa* (Poaceae), *Pisum sativum* (Fabaceae), *Sedum alfedii* (Crassulariaceae) gibi birçok bitkinin farklı ağır metaller bakımından fitoremediasyon potansiyelleri değerlendirilmiştir [7-15].

Hiperakümülatör bitkilere olan ilginin artması 80'li yıllardan itibaren başlamıştır. Bu tarihlerde bitkilerin ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilmeleri ve topraktan bu metallerin çevreye zarar vermeden uzaklaştırılabileceği üzerinde çalışmalar yapılmıştır. [6,16]

Araştırmalara istinaden kirlenmiş alanları bitkiler yoluyla temizlemenin kazma ve taşıma yoluyla temizlemekten 10 kat daha ekonomik olduğu bilinmektedir. Chaney isimli bilim adamı ağır metallerin bitkiler yardımıyla uzaklaştırılmasını "Yeşil İyileştirme" olarak adlandırmıştır [6,17].

Hiperakümülatör bitki türleri 100 ppm'den çok Cd;10 ppm'den çok Hg; 10.000 ppm'den çok Zn ve Ni; 1000 ppm'den çok Cr, Co, Pb ve Cu' u bünyelerinde biriktirebilmektedirler [6].

Fitoremediasyona olan ilgi 80'li yılların başında artmasına rağmen kirli ortamların temizlenmesinde bitkilerin kullanımının 300 yıllık bir geçmişe sahip olduğu görülür. 19. yüzyıl sonlarında *T. caerulescens* ve *Viola calaminaria* L. yapraklarında yüksek düzeylerde ağır metal biriktiren ilk bitki türleri olarak kabul edilmiştir. [18]. 1935'te Byers Astragalus ve onun familyasındaki bitkilerin filizlerinde %0,6'ya kadar Se biriktirebilme özelliği olduğunu ortaya koymuştur [6,19]. Bu keşiften 10 yıl kadar sonra Vargnano ve Minguzzi dokularında %1 Ni'i biriktirebilecek bitki türlerini belirlemişlerdir.

Hiperakümülatör bitkilerin kriterleri; gövde/kök aksamı oranının >1, Ekstraksiyon katsayısı (gövdedeki ağır metal miktarı topraktaki toplam ağır metal miktarına bölünerek bulunur) >1, diğer bitkilere oranla 10-500 kat daha fazla ağır metal biriktirmeleri ve yapılarında 100 mg/kg'dan fazla kadmiyum veya 10000 mg/kg'dan fazla çinko, 1000 mg/kg'dan fazla bakır, kurşun, nikel, krom bulundurmalarıdır [20]. Yapılan çalışmalarda *T. caerulescens* türünün özellikle kadmiyumu iyi biriktirdiği tespit edilmiştir [6,21].

Türkiye'ye endemik olan Muğla çivit otu *Isatis pinnatiloba* P.H. Davis nikel hiperakümülatörü olarak belinmektedir [6,22,23].

Türkiye'de yaklaşık 12.000 bin çeşit bitki yetişmesine rağmen, hiperakümülatör ile ilgili çok az çalışma yapılmış olup bu konuda çok fazla bilgi eksikliği bulunmaktadır.

Hâlbuki endüstriyel ve evsel atıkların gün geçtikçe artan kirlilikleri çevreyi ciddi oranda tehdit ettiği bir gerçektir [6].

Bu çalışmadaki amacımız, dünya ve Türkiye’de bu alanda yapılmış çalışmalarda kullanılan bitkilerin bir listesini oluşturmak ve gelecekte yapılacak çalışmalara toplu bir bilgi birikimini sunarak ışık tutmaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Hiperakümülatör, fitoremediasyon, ağır metal gibi anahtar kelimeler kullanılarak ilgili makale, tez, güncel yazılar ve derlemelere ulaşılmıştır. Kaynak tarama çalışmaları Ekim 2019 ile Ocak 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Dünyada ve ülkemizde yapılan 124 çalışma incelenmiş ve bu makalelerde geçen bilgiler derlenmiştir. Türkiye’de yetişen bitkilerin taksonomik özellikleri için “Türkiye ve Doğu Ege Adaları Florası” [24, 25], Vol. 1-11” ve “Türkiye Bitkileri Listesi” [26], eserlerinden yararlanılmıştır. Türkiye dışında yetişen bitkilerin taksonomik özellikleri için ise International Plant Names Index (IPNI) sitesinden yararlanılmıştır [27].

BULGULAR VE TARTIŞMA

Dünya’da yaklaşık 450 bitkinin akümülatör olarak kullanıldığı ifade edilmektedir. Bu çalışmada; yeryüzünde 103 (Tablo 1), ülkemizde 75 (Tablo 2) ve 34 endemik (Tablo 3) bitkinin akümülatör olarak kullanıldığı verilmiş olup toplam 202 bitki yer almaktadır. Bazı hiperakümülatör bitkilerin fotoğrafları Şekil 1’de çalışmaya eklenmiştir. Bu bitki türlerinin büyük çoğunluğu Nikeli (Ni) bünyesinde biriktirirken, bazılarının Cu, Co, Pb, Cd, Zn, Se, Fe, Cr, As, Hg, Ag nadiren de Ti ve U biriktirdiği görülmektedir [28].

Hiperakümülatör özellik gösteren bitkilerin çoğunlukla “Brassicaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae, Fabaceae, Violaceae, Poaceae ve Euphorbiaceae” gibi familyalara ait olduğu tespit edilmiştir [6,10,17-21].

Gelişmekte olan dünyada, insanlığın daha rahat bir yaşama sahip olma isteğinin bir sonucu olarak doğal kaynaklar, toprak, su ve çevrenin her geçen gün daha da kirlendiği büyük bir gerçektir. Bu nedenle, bu kirlilikleri azaltmak veya yok etmek için önlemler alınmalıdır. Gelişmiş kimyasal ve fiziko-kimyasal yöntemlerin ağır metal kirliliğinin giderilmesinde yüksek maliyetleri nedeniyle pek de uygun olmadığı açıkça görülmektedir. Bu nedenle fitoremediasyon yönteminin kullanımını genişletmek bir zorunluluktur. Fitoremediasyon hem daha ekolojik hem de daha ucuz olmasıyla ekonomik bir yöntemdir. Diğer yöntemlerden ucuz bir yöntem olmasının yanı sıra fitomining denilen bir yöntemle kirlilik sonrası temizlenen bölgelerden alınan bitkiler yakıp kül edilir. Bu küllerden farklı teknikler kullanılarak metal eldesi gerçekleştirilir. Bu da ekstra bir ekonomik kar eldesine olanak sağlar. Fitoremediasyon yönteminin de birçok çeşidi olmakla beraber bu yöntemler ne tür bir alanın temizlenmesi gerektiğine göre seçilmektedir. Çeşitli yöntemler kullanılarak toprak, yerüstü suları, yer altı suları gibi farklı alanlar temizlenmektedir. Her bir farklı yöntem için farklı çeşitlilikte bitki kullanımı söz konusudur. Ayrıca farklı yöntemlerin bir arada kullanılması da mümkündür.

Bu çalışmada, Dünya’da ve Türkiye’de tespit edilmiş hiperakümülatör olarak kullanılan ve endemik olup da hiperakümülatör özellik gösterdiği tespit edilmiş bitkilerin latince isimleri, familyaları ve hangi metalleri biriktirdikleri tablolarda belirtilmiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak dünyada yaklaşık 400 bin, ülkemizde 12.000 çeşit tohumlu bitkinin bulunduğu bilinmektedir [26]. Bu kadar çok bitki çeşitliliğine sahip olmamıza rağmen tespit edilen hiperakümülatör bitki sayısının az olması bu alanda yapılan çalışmaların oldukça yetersiz olduğunu göstermektedir. Toprak ve su kirliliğinin, çevre sağlığını, gıda sağlığını ve dolayısıyla insan sağlığını tehdit ettiği ortadadır. Ülkemizde ve dünyada hiperakümülatör özellik gösteren daha çok bitkinin tespit edilmesine ve böylece daha çok çalışmanın yapılmasına çok ciddi ihtiyaç duyulmaktadır.

Tablo 1. Dünya’da hiperakümülatör olduğu tespit edilen bitkiler ve biriktirdikleri.

| Bitki türleri | Biriktirdiği elementler | Aile | Kaynaklar |
|---|-------------------------|--------------------|------------|
| <i>Actiniopteris</i> Link sp. | Cu | Actiniopteridaceae | 29 |
| <i>Aeollanthus biformifolius</i> De Wild. | Co, Cu | Lamiaceae | 30 |
| <i>Aeollanthus subacaulis</i> var. <i>linearis</i> (Burk.) Ryding | Co, Cu | Lamiaceae | 29 |
| <i>Agrostis tenuis</i> Sibth. (Karahasanotu) | Pb | Poaceae | 31 |
| <i>Alyssum wulfenianum</i> Willd. | Ni | Brassicaceae | 32 |
| <i>Alyssum handelii</i> Hayek | Cd | Brassicaceae | 33, 34 |
| <i>Alyssum thaliana</i> Heynh. | Zn, Cd | Brassicaceae | 35 |
| <i>Anisopappus davayi</i> S. Moore | Co, Cu | Asteraceae | 36 |
| <i>Anthyllis vulneraria</i> L. | Zn, Cd, Pb | Fabaceae | 37 |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv. ex J.Presl & C.Presl | Pb | Poaceae | 38 |
| <i>Astragalus racemosus</i> Pursh | Se | Fabaceae | 39 |
| <i>Athyrium violascens</i> Diels | Cu, Fe | Woodsiaceae | 40, 41 |
| <i>Arabis gemmifera</i> Makino | Cd, Zn | Brassicaceae | 42 |
| <i>Arabis paniculata</i> Franch. | Cd | Brassicaceae | 43 |
| <i>Armeria arenaria</i> Schult. | Zn, Cd, Pb | Polemoniaceae | 37 |
| <i>Alternanthera sessilis</i> (L.) DC. | Cr | Amaranthaceae | 44 |
| <i>Ascolepis metallorum</i> P.A. Duvign. & G. Léonard | Co, Cu | Cyperaceae | 29 |
| <i>Astragalus bisulcatus</i> A. Gray | Se | Fabaceae | 45 |
| <i>Atriplex halimus</i> R.Br. | Cd | Chenopodiaceae | 46 |
| <i>Austromyrtus bidwillii</i> (Benth.) Burret | Mn | Myrtaceae | 47 |
| <i>Azolla pinnata</i> R.Br. | Cu, Cr | Azollaceae | 48 |
| <i>Berkheya coddii</i> Roessler | Ni | Asteraceae | 49 |
| <i>Brackenridgea palustris</i> Bartell. | Ni | Ochnaceae | 50 |
| <i>Brassica juncea</i> (L.) Coss. | Cu, Ni, Se | Brassicaceae | 35, 45, 51 |
| <i>Brassica napus</i> L. | Cd | Brassicaceae | 52 |
| <i>Bulbostylis pseudoperennis</i> Goetgh. | Co, Cu | Cyperaceae | 36 |
| <i>Chengiopanax sciadophylloides</i> (Franch. & Sav.) C.B. Shang & J.Y. Huang | Mn | Araliaceae | 53 |
| <i>Corrigiola telephiifolia</i> Pourr. | As | Molluginaceae | 54 |
| <i>Phyllanthus williamioides</i> Griseb. | Co | Euphorbiaceae | 55 |
| <i>Crotalaria dasyclada</i> Polhill | Ni, Cr | Fabaceae | 35 |
| <i>Crotalaria juncea</i> L. | Ni, Cr | Fabaceae | 35 |
| <i>Cyanotis longifolia</i> Benth. | Co | Commelinaceae | 36 |
| <i>Dichapetalum gelonioides</i> (Roxb.) Engl. | Zn | Dichapetalaceae | 50 |
| <i>Dichapetalum gelanioides</i> subsp. <i>tuberculatum</i> (King) Leenh. | Ni | Dichapetalaceae | 50 |
| <i>Eichornia crassipes</i> A. Rich. | Cr | Pontederiaceae | 56 |

| | | | |
|---|--------------------------------|------------------|--------|
| <i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult. | Cu, Zn, Cd, As | Pontederiaceae | 57 |
| <i>Elsholtzia argyi</i> H. Lév. | Cu | Lamiaceae | 58 |
| <i>Elsholtzia splendens</i> Nakai ex Maekawa | Cu | Lamiaceae | 59 |
| <i>Eragrostis racemosa</i> Steud. | Cu | Poaceae | 60 |
| <i>Euphorbia cheiradenia</i> Boiss. & Hohen. | Pb | Euphorbiaceae | 61 |
| <i>Festuca arvernensis</i> Auquier, Kerguëlen & Markgr.-Dann. | Zn, Cd, Pb | Poaceae | 37 |
| <i>Festuca arundinacea</i> Schreb. | Pb, Zn | Poaceae | 62 |
| <i>Festuca ovina</i> L. | Pb | Poaceae | 63 |
| <i>Haumaniastrum robertii</i> (Robyns) P.A. Duvign. & Plancke | Co, Cu | Lamiaceae | 64, 30 |
| <i>Helianthus annuus</i> L. | Pb | Asteraceae | 65 |
| <i>Helianthus indicus</i> L. | Pb | Asteraceae | 66 |
| <i>Hordeum vulgare</i> L. | As | Poaceae | 3 |
| <i>Hybanthus floribundus</i> F. Muell. | Ni | Violaceae | 67 |
| <i>Koeleria vallesiana</i> Asch. & Graebn. | Zn, Cd, Pb | Poaceae | 37 |
| <i>Lemna gibba</i> L. | As | Lemnaceae | 68 |
| <i>Lemna minör</i> L. | Cu, Cr | Lemnaceae | 48 |
| <i>Lolium italicum</i> A. Braun | Pb, Zn | Poaceae | 62 |
| <i>Lupinus angustifolius</i> L. | As | Fabaceae | 3 |
| <i>Iberis intermedia</i> Guers. | Ti | Brassicaceae | 69 |
| <i>Ipomea alpine</i> All. | Cu | Convolvulaceae | 70 |
| <i>Mimulus guttatus</i> DC. | Cu | Scrophulariaceae | 71 |
| <i>Myriophyllum heterophyllum</i> Michx. | Cd | Haloragaceae | 72 |
| <i>Pandiaka metallorum</i> P.A. Duvign. & Van Bockstal | Co, Cu | Amaranthaceae | 73 |
| <i>Pearsonia metallorum</i> P.A. Duvign. & Van Bockstal | Ni | Fabaceae | 74 |
| <i>Pelargonium</i> L'Hér. sp. | Cd | Geraniaceae | 75 |
| <i>Peltaria emarginata</i> Hausskn. | Ni | Brassicaceae | 76 |
| <i>Phyllanthus williamoides</i> Griseb. | Co | Euphorbiaceae | 55 |
| <i>Phyllomelia coronata</i> Griseb. | Ni | Rubiaceae | 55 |
| <i>Phytolacca americana</i> L. | Mn | Phytolaccaceae | 77 |
| <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud. | Cr | Poaceae | 78 |
| <i>Pimelea leptospermoides</i> F. Muell. | Ni | Thymelaeaceae | 79 |
| <i>Pistia stratiotes</i> L. | Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn | Araceae | 80 |
| <i>Planchonella oxyedra</i> Dubard | Ni | Ochnaceae | 81 |
| <i>Polycarpaea synandra</i> F. Muell. | Zn, Pb | Ochnaceae | 82 |
| <i>Potamogeton crispus</i> L. | Cd | Haloragaceae | 83 |
| <i>Potentilla griffithii</i> Hook.f. | Zn, Cd, Zn | Rosaceae | 84 |
| <i>Psychotria davidsei</i> Dwyer | Ni | Rubiaceae | 76 |

| | | | |
|--|-------------|---------------------|----------|
| <i>Pteris biaurita</i> L. | As | Dryopteridaceae | 85 |
| <i>Pteris cretica</i> L. | As | Dryopteridaceae | 85 |
| <i>Pteris ryukyuensis</i> Tagawa | As | Dryopteridaceae | 85 |
| <i>Pteris quadriaurita</i> Retz. | As | Dryopteridaceae | 85 |
| <i>Pteris vittata</i> L. | As, Cu, Ni, | Dryopteridaceae | 86 |
| | Zn | | 87 |
| <i>Rinorea bengalensis</i> (Wall.) Kuntze | Ni | Violaceae | 88 |
| <i>Rorippa globosa</i> Thell. | Cd | Brassicaceae | 89 |
| <i>Ruellia geminiflora</i> Kunth | Ni | Acanthaceae | 90 |
| <i>Rumex acetosa</i> L. | Zn | Polygonaceae | 91 |
| <i>Salsola kali</i> L. | Cr | Chenopodiaceae | 92 |
| <i>Sargassum</i> sp. | Cd, Cu | <u>Sargassaceae</u> | 93 |
| <i>Sebertia acuminata</i> Pierre ex Engl. & Prantl | Ni | Sapotaceae | 94 |
| <i>Secale cereale</i> L. | As | Poaceae | 3 |
| <i>Sedum alfredii</i> Hance | Cd | Crassulaceae | 95 |
| <i>Sesbania drummondii</i> (Rydb.) Cory | Pb, Cu, Cd | Fabaceae | 96 |
| | | | 97 |
| <i>Sorghum sudanense</i> (Piper) Stapf | Cu | Poaceae | 98 |
| <i>Spartina alterniflora</i> Loisel. | Cd, Pb, Zn | Poaceae | 95 |
| | | | 8 |
| | | | 99 |
| <i>Spartina</i> Schreb. Sp. | Hg | Poaceae | 100 |
| <i>Stanleya pinnata</i> Britton | Se | Brassicaceae | 101 |
| <i>Streptanthus polygaloides</i> A. Gray | Ni | Brassicaceae | 102 |
| <i>Tamarix smyrnensis</i> Bunge | Cd | Tamaricaceae | 103 |
| <i>Thlaspi caerulescens</i> J. Presl & C. Presl | Zn, Cd, Ni, | Brassicaceae | 104, 105 |
| | Pb | | |
| <i>Thlaspi praecox</i> Unger ex Nyman | Cd | Brassicaceae | 106 |
| <i>Trichospermum kjellbergii</i> Burret | Ni | Tiliaceae | 89 |
| <i>Turnera subnuda</i> Urb. | Ni | Turneraceae | 60, 90 |
| <i>Typha latifolia</i> L. | Se | Typhaceae | 107 |
| <i>Vellozia</i> Vand. sp. | Ni | Velloziaceae | 108 |
| <i>Vigna dolomitica</i> R. Wilczek | Cu | Fabaceae | 60 |
| <i>Viola calaminaria</i> Lej. | Zn | Violaceae | 109 |
| <i>Walsura monophylla</i> Elmer | Ni | Meliaceae | 50 |
| <i>Zea mays</i> L. | Cr | Poaceae | 110 |

Tablo 2. Türkiye’de çalışılan bazı hiperakümülatör bitkiler ve özellikleri

| Bitkilerin adı | Bilimsel adı | Yöresel adı | Biriktirdiği elementler | Aile | Türkiye’de yayılışı |
|--|--------------|------------------|-------------------------|--------------|---|
| <i>Aethionema spicatum</i> Post. | | Gül Taşçantası | Ni | Brassicaceae | Güney ve Doğu Anadolu |
| <i>Agrostis capillaris</i> L. | | Karahasan-otu | Pb | Poaceae | Kuzey Anadolu |
| <i>Agrostis stolonifera</i> L. | | Tavusotu | Pb | Poaceae | Marmara, Doğu Karadeniz, Ege, Orta ve Güney Anadolu |
| <i>Allium sativum</i> L. | | Sarımsak | Se | Liliaceae | Ekili araziler |
| <i>Alyssum anatolicum</i> Hausskn. ex Nyár. | | Anadolu kuduzotu | Ni | Brassicaceae | Doğu Anadolu (Adana, Erzincan, Malatya) |
| <i>Alyssum callichroum</i> Boiss. & Balansa | | Hoş kevkke | Ni | Brassicaceae | Güney ve Doğu Anadolu |
| <i>Alyssum caricum</i> T.R.Dudley & Hub.-Mor. | | Zarif kevkke | Ni | Brassicaceae | Güneybatı Anadolu (Muğla) |
| <i>Alyssum cassium</i> Boiss. | | Kel kevkkesi | Ni | Brassicaceae | Güney Anadolu |
| <i>Alyssum cilicicum</i> Boiss. & Balansa | | Toros kevkkesi | Ni | Brassicaceae | Güney Anadolu (Hatay, İçel, Niğde) |
| <i>Alyssum crenulatum</i> Boiss. | | Dişlek kuduzotu | Ni | Brassicaceae | Güney Anadolu (Hatay) |
| <i>Alyssum davisianum</i> T.R.Dudley | | Dağ kevkkesi | Ni | Brassicaceae | Batı Anadolu (Kütahya) |
| <i>Alyssum discolor</i> T.R.Dudley & Hub.-Mor. | | Hercai kevkke | Ni | Brassicaceae | Batı ve Güney Anadolu (Antalya, Muğla) |
| <i>Alyssum eriophyllum</i> Boiss. & Hausskn. | | Keçeli kevkke | Ni | Brassicaceae | Güney Anadolu (Anti-Toroslar) |
| <i>Alyssum huber-morathii</i> T.R.Dudley | | Finike Kevkesi | Ni | Brassicaceae | Güneybatı Anadolu |

| | | | | |
|--|-----------------|--------|---------------|---|
| <i>Alyssum masmenaeum</i> Boiss. | Çam kuduzotu | Ni | Brassicaceae | (Antalya, Burdur, Denizli) Güney, Batı ve Orta Anadolu (Adana, İzmir, Muğla, Niğde) |
| <i>Alyssum murale</i> Waldst. & Kit. | Seki kuduzotu | Ni | Brassicaceae | Çayırılık alanlar |
| <i>Alyssum pinifolium</i> (Nyár.) T.R.Dudley | Gazi kevkisi | Ni | Brassicaceae | Kuzeybatı Anadolu (Çanakkale) |
| <i>Alyssum cilicicum</i> Boiss. & Balansa | Toros kevkisi | Ni | Brassicaceae | Güney Anadolu (Hatay, İçel, Niğde) |
| <i>Alyssum crenulatum</i> Boiss. | Dişlek kuduzotu | Ni | Brassicaceae | Güney Anadolu (Hatay) |
| <i>Alyssum davisianum</i> T.R.Dudley | Dağ kevkisi | Ni | Brassicaceae | Batı Anadolu (Kütahya) |
| <i>Alyssum discolor</i> T.R.Dudley & Hub.-Mor. | Hercai kevke | Ni | Brassicaceae | Batı ve Güney Anadolu (Antalya, Muğla) |
| <i>Alyssum eriophyllum</i> Boiss. & Hausskn. | Keçeli kevke | Ni | Brassicaceae | Güney Anadolu (Anti-Toroslar) |
| <i>Alyssum samariferum</i> Boiss. & Hausskn. | Knatlı kevke | Ni | Brassicaceae | Doğu ve Güney Anadolu (Amanoslar) |
| <i>Alyssum thaliana</i> Heynh. | Fenotu | Zn, Cd | Brassicaceae | Kuzey Türkiye'de 1800 metreye kadar, Güneydoğu Anadolu |
| <i>Alyssum trapeziforme</i> Bornm. ex Nyár. | Temmuz kevkisi | Ni | Brassicaceae | Güney Anadolu (Adana, Niğde) |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> L. | Tilkikuyruğu | Cs | Amaranthaceae | Batı Karadeniz, Orta Anadolu |

| | | | | |
|--|-----------------|------------|----------------|---|
| <i>Anthoxanthum odoratum</i> L. | Kokuotu | Cu, Zn | Poaceae | Batı ve Güney Anadolu |
| <i>Armeria maritima</i> Wild. | Çimgüzeli | Pb, Zn | Plumbaginaceae | İstanbul |
| <i>Betula pendula</i> Roth. | Huş ağacı | Cd, Zn | Betulaceae | Doğu Anadolu, Trabzon, Erzurum, Çoruh ve Kars |
| <i>Bornmuellera glabrescens</i> Boiss. & Balansa) Cullen & T.R.Dudley | Köse seyyahotu | Ni | Brassicaceae | Kayseri, Niğde |
| <i>Bornmuellera kiyakii</i> Z.Aytaç & A.Aksoy | Kıyak seyyahotu | Ni | Brassicaceae | Konya (Kızıldağ) |
| <i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) P.Beauv. | Koru kılcanı | | Poaceae | Marmara, Karadeniz, Hatay, Mardin, K.Maraş |
| <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. | Hardal | Cu, Ni, Se | Brassicaceae | Çayırılık alanlar |
| <i>Brassica napus</i> L. | Kanola, kolza | Cd | Brassicaceae | Çayırılık alanlar |
| <i>Bromus ramosus</i> Hudson. | Kaba brom | | Poaceae | İstanbul, Bolu, Çankırı, Rize, Kars, Adana |
| <i>Calystegia sepium</i> L. | Çit sarmaşığı | Cd | Convolvulaceae | Kuzeydoğu Anadolu, Marmara Bölgesi, Denizli civarı |
| <i>Carex echinata</i> L. | Kütahyaotu | | Cyperaceae | Bursa, Ordu, Rize, Kütahya |
| <i>Pseudosempervivum aucheri</i> (Boiss.) Pobed. Sin: <i>Cochlearia aucheri</i> Boiss. | Has kaşıkotu | Ni | Brassicaceae | Doğu Anadolu |
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | Köpekdişi | Ni, Pb | Poaceae | Batı ve Kuzey Doğu Anadolu, Akdeniz ve Orta Anadolu |
| <i>Danthonia decumbens</i> L. | Bodur deveotu | | Poaceae | Türkiye'nin kuzey kısımları |

| | | | | |
|---|----------------------|----------------|--------------|--|
| <i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) P.Beauv. | Çayırsaçı | Zn | Poaceae | Kuzey Anadolu, Karadeniz, Van, Adana, Hakkari |
| <i>Epilobium hirsutum</i> L. | Hasan-hüseyin-çiçeği | Cu | Onagraceae | Kuzey, Orta Anadolu, Erzurum, Antalya, Siirt, İstanbul |
| <i>Eriophorum angustifolium</i> L. | Fukarasaçı | As, Zn | Cyperaceae | Doğu Anadolu ve Kars |
| <i>Festuca rubra</i> L. | Kızıl yumak | Cd, Cu | Poaceae | Batı Anadolu |
| <i>Fraxinus angustifolia</i> L. | Sivri dişbudak | | Oleaceae | Batı, Orta ve Güney Anadolu |
| <i>Gossypium hirsutum</i> L. | Kaba pamuk | Cd | Malvaceae | Ege ve Akdeniz Bölgesi, Çayırılık alanlar |
| <i>Helianthus annuus</i> L. | Ayçiçeği | Ni, Cd, As, Pb | Asteraceae | Edirne, Kars, Kayseri |
| <i>Holcus lanatus</i> L. | Kadifeotu | As | Poaceae | Tüm Türkiye |
| <i>Hordelymus europaeus</i> (Jess.) Harz | Odun arpası | Zn | Poaceae | Kuzey ve Batı Anadolu |
| <i>Hypericum perforatum</i> L. | Sarı kantaron | Cd, Hg, Zn | Hypericaceae | Kuzey Anadolu |
| <i>Hypericum orientale</i> L. | Sandık çiçeği | | Hypericaceae | Çayırılık alanlar |
| <i>Isatis pinnatifolia</i> P.H. Davis. | Muğla çiviti | Ni | Brassicaceae | Batı Karadeniz |
| <i>Lemna minor</i> L. | Su mercimeği | Cu, Cr | Lemnaceae | Sulak alanlar |
| <i>Lolium multiflorum</i> Lam. | İtalyan çimi | Cu, Zn | Poaceae | Kuzey Anadolu, Marmara, Maraş ve Erzurum |
| <i>Lupinus albus</i> L. | Beyaz lüpen | Cd | Fabaceae | Çayırılık alanlar |
| <i>Melilotus officinalis</i> L. | Kokulu yonca | Pb | Fabaceae | Ege, Orta ve Doğu Anadolu |

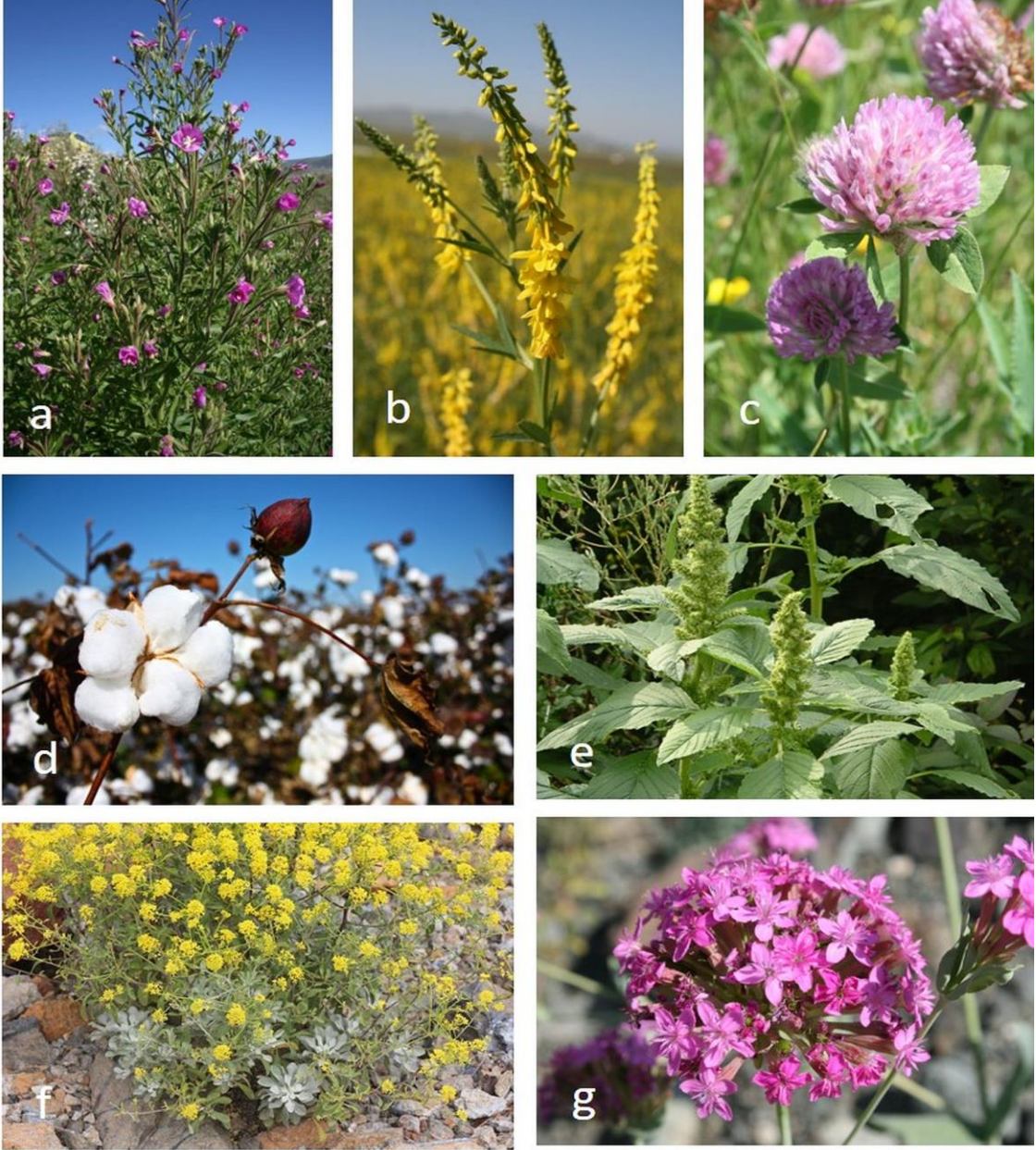
| | | | | |
|---|-----------------|------------|-----------------|---|
| <i>Minuartia hirsuta</i> L. | Çengel tıstısı | Fe, Zn | Caryophyllaceae | Orta ve Kuzey Anadolu |
| <i>Minuartia verna</i> L. | Yaz tıstısı | Pb, Zn | Caryophyllaceae | Kırklareli, Gümüşhane, Kars |
| <i>Nardus stricta</i> L. | Kilotu | Cu, Mn, Zn | Poaceae | Kuzey Batı, Kuzey Doğu ve Orta Anadolu |
| <i>Nicotiana tabacum</i> L. | Tütün | U | Solanaceae | Kumlu-tınlı, humuslu ve su tutmayan alanlarda |
| <i>Pelargonium</i> L. | Sardunya | Cd | Geraniaceae | Orta ve Güney Anadolu |
| <i>Portulaca oleracea</i> L. | Semizotu | Ni, Pb, Zn | Portulacaceae | Çayırılık alanlar |
| <i>Populus tremula</i> L. | Titrek kavak | Cd | Salicaceae | Ege, Orta ve Doğu Anadolu |
| <i>Pseudosempervivum amanum</i> (Contandr. & Quezel) Al-Shehbaz | Amanos kaşıkotu | Ni | Brassicaceae | Doğu Akdeniz |
| <i>Ricinus communis</i> L. | Hintyağı | Cd, As | Euphorbiaceae | Çanakkele, Antalya, İstanbul |
| <i>Salix viminalis</i> L. | Sepetçi söğüdü | Cd, Zn | Salicaceae | İstanbul |
| <i>Solanum nigrum</i> L. | İtüzümü | Cd | Solanaceae | Anadolu |
| <i>Silene compacta</i> L. | Kanlıbasıra otu | Zn | Caryophyllaceae | Ege, Marmara, Orta Anadolu ve Antalya civarı |
| <i>Tamarix smyrnensis</i> Bunge | İlgın | Cd | Tamaricaceae | Türkiye |
| <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg. | Karahindiba | | Asteraceae | Çayırılık alanlar |
| <i>Thlaspi eigi</i> (Zohary) Greuter & Burdet | Çoban-dağarcığı | Ni | Brassicaceae | Hatay |
| <i>Trifolium pratense</i> L. | Çayır üçgülü | Se, Hg, As | Fabaceae | Çayırılık alanlar |
| <i>Trifolium repens</i> L. | Aküçgül | Se, Hg, As | Fabaceae | Çayırılık alanlar |
| <i>Viola arvensis</i> Murray | Tarla menekşesi | Cd | Violaceae | İstanbul, İzmir, |

| | | | | |
|--------------------|-------|----|---------|--|
| <i>Zea mays</i> L. | Mısır | Cr | Poaceae | Trabzon Çayırılık alanlar Tüm Türkiye |
|--------------------|-------|----|---------|--|

Tablo 3. Dünya'da hiperakümülatör olduğu tespit edilen endemik bitkilerin listesi

| Bitki türleri | Biriktirdiği elementler | Ülkeler | Aile | Kaynaklar |
|---|-------------------------|---------------------------------------|--------------|------------|
| <i>Alyssum bertolonii</i> Desv. | Ni | İtalya | Brassicaceae | 111 |
| <i>Alyssum bracteatum</i> Boiss. | Ni | İran | Brassicaceae | 112 |
| <i>Alyssum caricum</i> T.R.Dudley & Hub.-Mor. | Ni | Türkiye (Doğu Akdeniz) | Brassicaceae | 111 |
| <i>Alyssum chlorocarpum</i> Hausskn. | Ni | Yunanistan (Yukarı Penei Vadisi) | Brassicaceae | 112 113 |
| <i>Alyssum eriophyllum</i> Boiss. & Hausskn., | Ni | Türkiye (Güney Anadolu) | Brassicaceae | 111 |
| <i>Alyssum euboicum</i> Halácsy | Ni | Yunanistan adası (Evia) | Brassicaceae | 111 |
| <i>Alyssum huber-morathii</i> T.R.Dudley | Ni | Türkiye (Güneybatı Anadolu) | Brassicaceae | 111 |
| <i>Alyssum inflatum</i> Nyár. | Ni | Batı İran | Brassicaceae | 112 |
| <i>Alyssum lesbiacum</i> (Candargy) Rech.f. | Ni | Yunanistan (Lesbos Adaları) | Brassicaceae | 112 |
| <i>Alyssum masmenaeum</i> Boiss. | Ni | Türkiye (Batı, Güney ve Orta Anadolu) | Brassicaceae | 111 |
| <i>Alyssum markgrafii</i> O.E.Schulz | Ni | Yugoslavya, Arnavutluk | Brassicaceae | 70 |
| <i>Alyssum pintodasilvae</i> Dudley | Ni | Kuzeydoğu Portekiz | Brassicaceae | 111 |
| <i>Alyssum pinifolium</i> (Nyár.) T.R.Dudley | Ni | Türkiye (Kuzeybatı Anadolu) | Brassicaceae | 111 |
| <i>Alyssum virgatum</i> Nyár. | Ni | Türkiye (Çankırı, Sivas, Tokat) | Brassicaceae | 114 |
| <i>Berkheya coddii</i> | Ni | Güney Afrika | Asteraceae | 115 |

| | | | | |
|---|----|------------------------------|---------------|-----------|
| Roessler | | | | |
| <i>Bornmuellera baldaccii</i> (Degen) H. Heywood | Ni | Balkanların batı kısmı | Brassicaceae | 116 |
| <i>Bornmuellera glabrescens</i> (Boiss. & Balansa) Cullen & T.R.Dudley | Ni | Türkiye (Güney Anadolu) | Brassicaceae | 117 |
| <i>Bornmuellera tymphaea</i> Hausskn. | Ni | Yunanistan | Brassicaceae | 116 |
| <i>Euphorbia helenae</i> Rebmann | Ni | Küba | Euphorbiaceae | 55 |
| <i>Geissois pruinosa</i> Brongn. & Gris | Ni | Yeni Kaledonya | Cunoniaceae | 118 |
| <i>Homalium kanaliense</i> Briq. | Ni | Yeni Kaledonya | Salicaceae | 87 |
| <i>Hybanthus austro-caledonicus</i> (Turcz.) Cretz. | Ni | Yeni Kaledonya | Violaceae | 87 |
| <i>Leptoplax emarginata</i> (Boiss.) O.E.S.Schulz | Ni | Yunanistan | Brassicaceae | 73 119 |
| <i>Leucocroton linearifolius</i> Britton | Ni | Krayipler (Antiller) | Euphorbiaceae | 55 |
| <i>Leucocroton flavicans</i> Müll.Arg. | Ni | Krayipler | Euphorbiaceae | 55 |
| <i>Phyllanthus favieri</i> M.Schmid | Ni | Yeni Kaledonya | Euphorbiaceae | 120 |
| <i>Phyllanthus orbicularis</i> Kunth | Ni | Küba | Euphorbiaceae | 55 121 |
| <i>Phyllanthus × pallidus</i> (Wright ex Griseb.) G.L.Webster | Ni | Küba | Euphorbiaceae | 121 |
| <i>Pseudosempervivum amanum</i> (Contandr. & Quezel) Al-Shehbaz, Mutlu & Dönmez | Ni | Türkiye (Doğu Akdeniz) | Brassicaceae | 122 |
| <i>Sebertia acuminata</i> Pierre ex Enal. & Prantl | Ni | Yeni Kaledonya | Sapotaceae | 95 |
| <i>Stackhousia tryonii</i> F.M.Bailey | Ni | Avustralya | Celastraceae | 123 |
| <i>Streptanthus polygaloides</i> A.Gray | Ni | Kaliforniya (Sierra, Nevada) | Brassicaceae | 101, 19 |
| <i>Thlaspi elegans</i> Boiss. | Ni | Türkiye | Brassicaceae | 124 |
| <i>Walsura monophylla</i> Elmer ex Merr. | Ni | Filipinler (Pallawan) | Meliaceae | 50 |



Şekil 1. Bazı hiperakümülatör bitkiler: a. *Epilobium hirsutum*, b. *Melilotus officinalis*, c. *Trifolium alpestre*, d. *Gossypium hirsutum*, e. *Amaranthus retroflexus*, f. *Alyssum masmenaeum*, g. *Silene compacta* (125).

KAYNAKLAR

- [1] Clemens, S., Palmgren, M.G. and Kramer, U. (2002): "A long way ahead: understanding and engineering plant element accumulation", Trends in plant Science, 7:309-314.
- [2] Sarma, H. (2011): Metal hyperaccumulation in plants: a review focusing on phytoremediation technology. Journal of Environmental Science and Technology, 4(2), 118-138.

- [3] Padmavathiamma P. K., & Li, L. Y. (2007): Phytoremediation technology: hyperaccumulation metals in plants. *Water, Air, and Soil Pollution*, 184(1-4), 105-126.
- [4] Özbek, K. (2011): Hiper toplayıcı bitkilerle kadmiyumlu toprakların iyileştirilmesi ve gübre, humik asit ve selat uygulamalarının etkinliği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- [5] Duffus, J.H. and Worth, H.G.J. (1996): *Fundamental toxicology for chemists*. Royal Society of Chemistry Information Services, 199–204, 209–212.
- [6] Özbolat, G., & Tuli, A. (2016): Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521.
- [7] Clemens, S. (2006): Toxic Metal Accumulation, Responses to Exposure and Mechanisms of Tolerance in Plants. *Biochimie*, 88, 1707-1719.
- [8] Sun, R.L. ve Zhou, Q.X. (2005): Heavy Metal Tolerance and Hyperaccumulation of Higher Plants and Their Molecular Mechanisms. *Acta Phytocologica Sinica*, 19, 321-332.
- [9] Pilon-Smits, E. (2005): Phytoremediation. *Annual Reviews of Plant Biology*, 56, 15-39.
- [10] LeDuc, D.L. (2006): AbdelSamie, M., Montes-Bayon, M. ve Wenton, L.M., Overexpressing both ATP Sulfurylase and Selenocysteine Methyltransferase Enhances Selenium Phytoremediation Traits in Indian Mustard. *Environmental Pollution*, 144, 70-76.
- [11] Lindblom, S.D., Abdel-Ghany, S., Hanson, B.R. ve Wenter, M.K. (2006): Constitutive Expression of a High-Affinity Sulfate Transporter in Indian Mustard Affects Metal Tolerance and Accumulation. *Journal of Environmental Quality*, 35, 726-733.
- [12] Kassis, E., Cathala, N., Rouached, H. ve Rouger, F. (2007): Characterization of a Selenate-Resistant Arabidopsis Mutant. Root Growth as a Potential Target for Selenate Toxicity. *Plant Physiology*, 143, 1231-1241.
- [13] Klein, M.A., Sekimoto, H., Milner, M.J. ve Kochian, L.V. (2008): Investigation of Heavy Metal Hyperaccumulation at the Cellular Level: Development and Characterization of *Thlaspi caerulescens* Suspension Cell Lines. *Plant Physiology*, 147, 2006-2016.
- [14] Lebaudy, A., Vavasseur, A., Hosity, E. ve Hecker, K. (2008): Plant Adaptation to Fluctuating Environment and Biomass Production are Strongly Dependent on Guard Cell Potassium Channels. *PNAS*, 105, 5271- 5276.
- [15] Mendoza-Cózatl, D.G., Butko, E., Springer, F. ve Harper, L. (2008): Identification of High Levels of Phytochelatin, Glutathione and Cadmium in the Phloem Sap of *Brassica napus*. A Role for ThiolPeptides in the Long-Distance Transport of Cadmium and the Effect of Cadmium on Iron Translocation. *Plant Journal*, 54, 249-259.
- [16] Chaney, R. L., Reeves, R. D., Baklanov, I. A., Centofanti, T., Broadhurst, C. L., Baker, A. J., ... & Roseberg, R. J. (2014): Phytoremediation and phytomining: using plants to remediate contaminated or mineralized environments. *Plant ecology and evolution in harsh environments*. (Eds N Rajakaruna, RS Boyd, T Harris) pp, 365-392.
- [17] Chaney WR, Pope PE, Byrnes WR. (1995): Tree survival and growth after twelve years on mined land reclaimed in accord with the 1977 surface mining control and reclamation act. *J Environ Qual* 24: 630-634.

- [18] Baumann A. (1885): Das verhalten von zinksätzen gegen pflanzen und imboden. *Landwirtsch. Verss.* 3:1–53.
- [19] Reeves, R.D. (1992): The hyperaccumulation of nickel by serpentine plants. In: Baker AJM, Proctor J, Reeves RD, eds. *The Vegetation of U Urania fie (Serpentine) Soils.* Andover, Hampshire. UK: Intercept,. pp: 253-277.
- [20] Martens, S.N., and R.S. Boyd. (1994): The ecological significance of nickel hyperaccumulation: A plant chemical defense. *Oecologia* 98:379–384.
- [21] Öztürk, L., Karanlık, S., Özkutlu, F., Çakmak, İ., Kochian, L.V. (2003): Shoot Biomass and Zinc/Cadmium Uptake for Hyperaccumulator and Non-Accumulator *Thlaspi* Species in Response to Growth on a Zinc-Deficient Calcareous Soil. *Plant Science*, 164(6): 1095- 1101.
- [22] Altınözlü H, Karagöz A, Polat T, Ünver İ. (2012): Nickel hyperaccumulation by natural plants in Turkish serpentine soils. *Turk J Bot* 36: 269-28.
- [23] Özbek, K., Cebel, N., Ünver, İ. (2013): Extractability and phytoavailability of cadmium in Cd-rich pedogenic soils. *Turk J Agric For* 38: 70- 79.
- [24] Davis, P.H. (1965-1988): *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol: 1-10. University Press, Edinburg.
- [25] Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., & Başer, K. H. C. (2000): *Flora of Turkey and the east aegean islands*. Vol. 11. *Second Supplement, Edinburgh*.
- [26] Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babaç, M. T. (2012): Türkiye Bitkileri Listesi. *Damarlı Bitkiler, Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını*, (s 262).
- [27] IPN <https://www.ipni.org/>
- [28] Costea, M., Weaver, S. E., & Tardif, F. J. (2004): The biology of Canadian weeds. 130. *Amaranthus retroflexus* L., *A. powellii* S. Watson and *A. hybridus* L. *Canadian journal of plant science*, 84(2), 631-668.
- [29] Brooks, R. R., et al. (1986): The elemental content of metallophytes from the copper/cobalt deposits of Central Africa, *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique/Bulletin van de Koninklijke Belgische Botanische Vereniging* 179-191.
- [30] Ortiz-Calderon, Claudia, Oscar Alcaide, and Julia Li Kao. (2008): Copper distribution in leaves and roots of plants growing on a copper mine-tailing storage facility in northern Chile, *Revista Chilena de Historia Natural* 81.4 489-499.
- [31] Barry, S. A. S. and S. C. Clark. (1978): Problems of interpreting the relationship between the amounts of lead and zinc in plants and soil on metalliferous wastes, *New Phytologist* 81.3 773-783.
- [32] Reeves, R. D. and R. R. Brooks. (1983): European species of *Thlaspi* L. (Cruciferae) as indicators of nickel and zinc, *Journal of Geochemical Exploration* 18.3 275-283.
- [33] Küpper, Hendrik, et al. (2000): Cellular compartmentation of cadmium and zinc in relation to other elements in the hyperaccumulator *Arabidopsis halleri*, *Planta* 212.1 75-84.
- [34] Bert, Valérie, et al. (2003): Genetic basis of Cd tolerance and hyperaccumulation in *Arabidopsis halleri*, *Plant and soil* 249.1 9-18.
- [35] Saraswat, Shweta, and J. P. N. Rai. (2009): Phytoextraction potential of six plant species grown in multimetal contaminated soil, *Chemistry and Ecology* 25.1 1-11.
- [36] Morrison, J., M. V. Jackson, and P. E. (1980): Sparrow. "The response of perennial ryegrass to fertilizer nitrogen in relation to climate and soil. Report of

- the joint ADAS/GRI grassland manuring trial-GM. 20." The response of perennial ryegrass to fertilizer nitrogen in relation to climate and soil. Report of the joint ADAS/GRI grassland manuring trial-GM. 20. 27
- [37] Frérot, Hélène, et al. (2006): Specific interactions between local metallicolous plants improve the phytostabilization of mine soils, *Plant and Soil* 282.1-2 53-65.
- [38] Deram, Annabelle, et al. (2000): Natural and induced heavy-metal accumulation by *Arrhenatherum elatius*: Implications for phytoremediation, *Communications in soil science and plant analysis* 31.3-4 413-421.
- [39] Beath, O. A., C. S. Gilbert, and H. F. Eppson. (1937): Selenium in soils and vegetation associated with rocks of Permian and Triassic age, *American Journal of Botany* 96-101.
- [40] Kobayashi, Yuhko, et al. (2005): Abscisic acid-activated SNRK2 protein kinases function in the gene-regulation pathway of ABA signal transduction by phosphorylating ABA response element-binding factors, *The Plant Journal* 44.6 939-949.
- [41] Evangelou, Michael WH, Mathias Ebel, and Andreas Schaeffer. (2006): Evaluation of the effect of small organic acids on phytoextraction of Cu and Pb from soil with tobacco *Nicotiana tabacum*. *Chemosphere* 63.6, 996-1004.
- [42] Kubota, Hiroshi, and Chisato Takenaka (2003): Field Note: *Arabis gemmifera* is a hyperaccumulator of Cd and Zn. *International Journal of Phytoremediation* 5.3 197-201.
- [43] Zeng, Jian Xian, et al. (2009): Selective separation of Hg (II) and Cd (II) from aqueous solutions by complexation-ultrafiltration process. *Chemosphere* 76.5 706-710.
- [44] Sinha, Sarita, Rohit Saxena, and Shraddha Singh (2002): Comparative studies on accumulation of Cr from metal solution and tannery effluent under repeated metal exposure by aquatic plants: its toxic effects. *Environmental Monitoring and Assessment* 80.1 17-31.
- [45] Ellis, Danielle R., et al. (2004): Production of Se-methylselenocysteine in transgenic plants expressing selenocysteine methyltransferase, *BMC Plant Biology* 4.1 1.
- [46] Nedjimi, Bouzid, and Youcef Daoud. (2009): Ameliorative effect of CaCl₂ on growth, membrane permeability and nutrient uptake in *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* grown at high (NaCl) salinity. *Desalination* 249.1 163-166.
- [47] Bidwell, Sjaan D., et al. (2002): Hyperaccumulation of manganese in the rainforest tree *Austromyrtus bidwillii* (Myrtaceae) from Queensland, Australia. *Functional Plant Biology* 29.7 899-905.
- [48] Jain, S. K., P. Vasudevan, and N. K. Jha. (1990): *Azolla pinnata* R. Br. and *Lemna minor* L. for removal of lead and zinc from polluted water. *Water Research* 24.2 177-183.
- [49] Robinson, B. H., et al. (1997): The potential of the high-biomass nickel hyperaccumulator *Berkheya coddii* for phytoremediation and phytomining." *Journal of Geochemical Exploration* 60.2 115-126.
- [50] Baker, A. J. M., et al. (1992): Hyperaccumulation of nickel by the flora of the ultramafics of Palawan, Republic of the Philippines. The vegetation of ultramafic (serpentine) soils, (Eds AJM Baker, J Proctor, RD Reeves) pp 291-304.

- [51] Ebbs, Stephen D. and Leon V. Kochian. (1997): Toxicity of zinc and copper to Brassica species: implications for phytoremediation." *Journal of Environmental Quality* 26.3 776-781.
- [52] Selvam, A., and J. W. C. Wong. (2008): Phytochelatin synthesis and cadmium uptake of Brassica napus, *Environmental technology*, 29.7 765-773.
- [53] Mizuno, T., Asahina, R., Hosono, A., Tanaka, A., Senoo, K., & Obata, H. (2008). Age-dependent manganese hyperaccumulation in Chengiopanax sciadophylloides (Araliaceae). *Journal of Plant Nutrition*, 31(10), 1811-1819.
- [54] García-Salgado, S., García-Casillas, D., Quijano-Nieto, M. A., & Bonilla-Simón, M. M. (2012). Arsenic and heavy metal uptake and accumulation in native plant species from soils polluted by mining activities. *Water, Air, & Soil Pollution*, 223(2), 559-572.
- [55] Reeves, R. D., Baker, A. J. M., Borhidi, A., & Berazain, R. (1999). Nickel hyperaccumulation in the serpentine flora of Cuba. *Annals of Botany*, 83(1), 29-38.
- [56] Lytle, C. M., Lytle, F. W., Yang, N., Qian, J. H., Hansen, D., Zayed, A., & Terry, N. (1998). Reduction of Cr (VI) to Cr (III) by wetland plants: potential for in situ heavy metal detoxification. *Environmental Science & Technology*, 32(20), 3087-3093.
- [57] Awa, S. H., & Hadibarata, T. (2020). Removal of heavy metals in contaminated soil by phytoremediation mechanism: a review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231(2), 47.
- [58] Li, S., Wang, F., Ru, M., & Ni, W. (2014). Cadmium Tolerance and Accumulation of Elsholtzia argyi Originating from a Zinc/Lead Mining Site-A Hydroponics Experiment. *International journal of phytoremediation*, 16(12), 1257-1267.
- [59] Chen, Y., Wang, Y., Wu, W., Lin, Q., & Xue, S. (2006). Impacts of chelate-assisted phytoremediation on microbial community composition in the rhizosphere of a copper accumulator and non-accumulator. *Science of the total environment*, 356(1-3), 247-255.
- [60] Malaisse, F., Brooks, R. R., & Baker, A. J. M. (1994). Diversity of vegetation communities in relation to soil heavy metal content at the Shinkolobwe copper/cobalt/uranium mineralization, Upper Shaba, Zaïre. *Belgian journal of botany*, 3-16.
- [61] Chehregani, A., & Malayeri, B. E. (2007). Removal of heavy metals by native accumulator plants. *International Journal of Agriculture and Biology (Pakistan)*.
- [62] Rizzi, L., Petruzzelli, G., Poggio, G., & Guidi, G. V. (2004). Soil physical changes and plant availability of Zn and Pb in a treatability test of phytostabilization. *Chemosphere*, 57(9), 1039-1046.
- [63] Barry, S. A. S., & Clark, S. C. (1978). Problems of interpreting the relationship between the amounts of lead and zinc in plants and soil on metalliferous wastes. *New Phytologist*, 81(3), 773-783.
- [64] Bennett, F. A., Tyler, E. K., Brooks, R. R., Gregg, P. E. H., & Stewart, R. B. (1998). Fertilisation of hyperaccumulators to enhance their potential for phytoremediation and phytomining. *Plants that hyperaccumulate heavy metals: their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration and phytomining*.

- [65] Boonyapookana, B., Parkpian, P., Techapinyawat, S., DeLaune, R. D., & Jugsujinda, A. (2005). Phytoaccumulation of lead by sunflower (*Helianthus annuus*), tobacco (*Nicotiana tabacum*), and vetiver (*Vetiveria zizanioides*). *Journal of Environmental Science and Health*, 40(1), 117-137.
- [66] Kamala, C. T., Chu, K. H., Chary, N. S., Pandey, P. K., Ramesh, S. L., Sastry, A. R. K., & Sekhar, K. C. (2005). Removal of arsenic (III) from aqueous solutions using fresh and immobilized plant biomass. *Water Research*, 39(13), 2815-2826.
- [67] Brooks, R. R., Lee, J., & Jaffre, T. (1974). Some New Zealand and New Caledonian plant accumulators of nickel. *The Journal of Ecology*, 493-499.
- [68] Sarma, H. (2011). Metal hyperaccumulation in plants: a review focusing on phytoremediation technology. *Journal of Environmental Science and Technology*, 4(2), 118-138.
- [69] Leblanc, M., Petit, D., Deram, A., Robinson, B. H., & Brooks, R. R. (1999). The phytomining and environmental significance of hyperaccumulation of thallium by *Iberis intermedia* from southern France. *Economic geology*, 94(1), 109-113.
- [70] Baker, A. J. M., & Walker, P. (1989). Physiological responses of plants to heavy metals and the quantification of tolerance and toxicity. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 1(1), 7-17.
- [71] Harper, F. A., Smith, S. E., & Macnair, M. R. (1998). Can an increased copper requirement in copper-tolerant *Mimulus guttatus* explain the cost of tolerance? II. Reproductive phase. *The New Phytologist*, 140(4), 637-654.
- [72] Sivaci, A., Elmas, E., Gümüş, F., & Sivaci, E. R. (2008). Removal of cadmium by *Myriophyllum heterophyllum* Michx. and *Potamogeton crispus* L. and its effect on pigments and total phenolic compounds. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 54(4), 612-618.
- [73] Brooks, R. R., Reeves, R. D., Morrison, R. S., & Malaisse, F. (1980). Hyperaccumulation of copper and cobalt—a review. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique/Bulletin van de Koninklijke Belgische Botanische Vereniging*, 166-172.
- [74] Wild, H. (1978). The vegetation of heavy metal and other toxic soils. In *Biogeography and ecology of southern Africa* (pp. 1301-1332). Springer, Dordrecht.
- [75] Dan, T. V., KrishnaRaj, S., & Saxena, P. K. (2002). Cadmium and Nickel Uptake and Accumulation in Scented Geranium (*Pelargonium* sp. Frensham'). *Water, air, and soil pollution*, 137(1-4), 355-364.
- [76] Boyd, R. S., & Jaffré, T. (2001). Phytoenrichment of soil Ni content by *Sebertia acuminata* in New Caledonia and the concept of elemental allelopathy. *South African Journal of Science*, 97(11-12), 535-538.
- [77] Pollard, A. J., Stewart, H. L., & Roberson, C. B. (2009). Manganese hyperaccumulation in *Phytolacca americana* L. from the Southeastern United States. *Northeastern Naturalist*, 16(sp5), 155-162.
- [78] Calheiros, C. S., Rangel, A. O., & Castro, P. M. (2008). The effects of tannery wastewater on the development of different plant species and chromium accumulation in *Phragmites australis*. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 55(3), 404-414.
- [79] Batianoff, G. N., & Franks, A. J. (1997). Invasion of sandy beachfronts by ornamental plant species in Queensland. *Plant Protection Quarterly*, 12(4), 180-186.

- [80] Odjegba, V. J., & Fasidi, I. O. (2004). Accumulation of trace elements by *Pistia stratiotes*: implications for phytoremediation. *Ecotoxicology*, 13(7), 637-646.
- [81] Brooks, R. R. (1994). Plants that hyperaccumulate heavy metals. *Plants and the chemical elements: biochemistry, uptake, tolerance and toxicity*, 87-105.
- [82] Paul, A. L., Erskine, P. D., & van der Ent, A. (2018). Metallophytes on Zn-Pb mineralised soils and mining wastes in Broken Hill, NSW, Australia. *Australian Journal of Botany*, 66(2), 124-133.
- [83] Sivaci, A., Elmas, E., Gümüş, F., & Sivaci, E. R. (2008). Removal of cadmium by *Myriophyllum heterophyllum* Michx. and *Potamogeton crispus* L. and its effect on pigments and total phenolic compounds. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 54(4), 612-618.
- [84] Hu, P. J., Qiu, R. L., Senthilkumar, P., Jiang, D., Chen, Z. W., Tang, Y. T., & Liu, F. J. (2009). Tolerance, accumulation and distribution of zinc and cadmium in hyperaccumulator *Potentilla griffithii*. *Environmental and experimental botany*, 66(2), 317-325.
- [85] Srivastava, M., Ma, L. Q., & Santos, J. A. G. (2006). Three new arsenic hyperaccumulating ferns. *Science of the Total Environment*, 364(1-3), 24-31.
- [86] Kertulis-Tartar, G. M., Ma, L. Q., Tu, C., & Chirenje, T. (2006). Phytoremediation of an arsenic-contaminated site using *Pteris vittata* L.: a two-year study. *International Journal of Phytoremediation*, 8(4), 311-322.
- [87] Dong, R., Formentin, E., Losseso, C., Carimi, F., Benedetti, P., Terzi, M., & Schiavo, F. L. (2005). Molecular cloning and characterization of a phytochelatin synthase gene, PvPCS1, from *Pteris vittata* L. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 32(11-12), 527-533.
- [88] Brooks, R. R., & Wither, E. D. (1977). Nickel accumulation by *Rinorea bengalensis* (Wall.) OK. *Journal of Geochemical Exploration*, 7, 295-300.
- [89] Sun, R., Jin, C., & Zhou, Q. (2010). Characteristics of cadmium accumulation and tolerance in *Rorippa globosa* (Turcz.) Thell., a species with some characteristics of cadmium hyperaccumulation. *Plant growth regulation*, 61(1), 67-74.
- [90] Brooks, W. T. (1992). *Niche selling: how to find your customer in a crowded market*. McGraw Hill Professional.
- [91] Johnston, W. R., & Proctor, J. (1977). Metal concentrations in plants and soils from two British serpentine sites. *Plant and Soil*, 46(1), 275-278.
- [92] Gardea-Torresdey, J. L., Peralta-Videoa, J. R., De La Rosa, G., & Parsons, J. G. (2005). Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordination chemistry reviews*, 249(17-18), 1797-1810.
- [93] Davis, T. A., Volesky, B., & Vieira, R. H. S. F. (2000). Sargassum seaweed as biosorbent for heavy metals. *Water research*, 34(17), 4270-4278.
- [94] Jaffré, T., Brooks, R. R., Lee, J., & Reeves, R. D. (1976). *Sebertia acuminata*: a hyperaccumulator of nickel from New Caledonia. *Science*, 193(4253), 579-580.
- [95] Xiong, Y. H., Yang, X. E., Ye, Z. Q., & He, Z. L. (2004). Characteristics of cadmium uptake and accumulation by two contrasting ecotypes of *Sedum alfredii* Hance. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 39(11-12), 2925-2940.
- [96] Sharma, N. C., Sahi, S. V., & Jain, J. C. (2005). *Sesbania drummondii* cell cultures: ICP-MS determination of the accumulation of Pb and Cu. *Microchemical Journal*, 81(1), 163-169.

- [97] Sharma, N. C., Sahi, S. V., & Jain, J. C. (2005). *Sesbania drummondii* cell cultures: ICP-MS determination of the accumulation of Pb and Cu. *Microchemical Journal*, 81(1), 163-169.
- [98] Wei, L., Luo, C., Li, X., & Shen, Z. (2008). Copper Accumulation and Tolerance in *Chrysanthemum coronarium* L. and *Sorghumsudanense* L. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 55(2), 238-246.
- [99] Zheng, M. B., Cao, J., Liao, S. T., Liu, J. S., Chen, H. Q., Zhao, Y., ... & Tao, J. (2009). Preparation of mesoporous Co₃O₄ nanoparticles via solid-liquid route and effects of calcination temperature and textural parameters on their electrochemical capacitive behaviors. *The Journal of Physical Chemistry C*, 113(9), 3887-3894.
- [100] Tian, H., Wang, Y., Xue, Z., Qu, Y., Chai, F., & Hao, J. (2011). Atmospheric emissions estimation of Hg, As, and Se from coal-fired power plants in China, 2007. *Science of the Total Environment*, 409(16), 3078-3081.
- [101] Parker, D. R., Feist, L. J., Varvel, T. W., Thomason, D. N., & Zhang, Y. (2003). Selenium phytoremediation potential of *Stanleya pinnata*. *Plant and Soil*, 249(1), 157-165.
- [102] Reeves, R. D., Brooks, R. R., & Macfarlane, R. M. (1981). Nickel uptake by Californian *Streptanthus* and *Caulanthus* with particular reference to the hyperaccumulator *S. polygaloides* Gray (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, 68(5), 708-712.
- [103] Manousaki, E., Kadukova, J., Papadantonakis, N., & Kalogerakis, N. (2008). Phytoextraction and phytoexcretion of Cd by the leaves of *Tamarix smyrnensis* growing on contaminated non-saline and saline soils. *Environmental Research*, 106(3), 326-332.
- [104] Assunção, A. G., Schat, H., & Aarts, M. G. (2003). *Thlaspi caerulescens*, an attractive model species to study heavy metal hyperaccumulation in plants. *New Phytologist*, 159(2), 351-360.
- [105] Banasova, V., Horak, O., Nadubinska, M., Ciamporova, M., & Lichtscheidl, I. (2008). Heavy metal content in *Thlaspi caerulescens* J. et C. Presl growing on metalliferous and non-metalliferous soils in Central Slovakia. *International Journal of Environment and Pollution*, 33(2-3), 133-145.
- [106] Vogel-Mikuš, K., Arčon, I., & Kodre, A. (2010). Complexation of cadmium in seeds and vegetative tissues of the cadmium hyperaccumulator *Thlaspi praecox* as studied by X-ray absorption spectroscopy. *Plant and Soil*, 331(1-2), 439-451.
- [107] Arthur, E. L., Rice, P. J., Rice, P. J., Anderson, T. A., Baladi, S. M., Henderson, K. L., & Coats, J. R. (2005). Phytoremediation—an overview. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24(2), 109-122.
- [108] Malavolta, E., & Moraes, M. F. (2007). Nickel—from toxic to essential nutrient. *Better Crops*, 91(3), 26-27.
- [109] Reeves, R. D., van der Ent, A., & Baker, A. J. (2018). Global distribution and ecology of hyperaccumulator plants. In *Agromining: farming for metals* (pp. 75-92). Springer, Cham.
- [110] Sharma, A., & Johri, B. N. (2003). Growth promoting influence of siderophore-producing *Pseudomonas* strains GRP3A and PRS9 in maize (*Zea mays* L.) under iron limiting conditions. *Microbiological research*, 158(3), 243-248.
- [111] Singer, A. C., Bell, T., Heywood, C. A., Smith, J. A. C., & Thompson, I. P. (2007). Phytoremediation of mixed-contaminated soil using the hyperaccumulator

- plant *Alyssum lesbiacum*: evidence of histidine as a measure of phytoextractable nickel. *Environmental Pollution*, 147(1), 74-82.
- [112] Ghaderian, S. M., Mohtadi, A., Rahiminejad, M. R., & Baker, A. J. M. (2007). Nickel and other metal uptake and accumulation by species of *Alyssum* (Brassicaceae) from the ultramafics of Iran. *Environmental Pollution*, 145(1), 293-298.
- [113] Hasko, A., & Çullaj, A. (2001). Nickel hyper-accumulating species and their potential use for the phyto-remediation of polluted areas. *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens (CIHEAM)*.
- [114] Abou-Shanab, R. A. I., Angle, J. S., & Chaney, R. L. (2006). Bacterial inoculants affecting nickel uptake by *Alyssum murale* from low, moderate and high Ni soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(9), 2882-2889.
- [115] Turnau, K., & Mesjasz-Przybyłowicz, J. (2003). Arbuscular mycorrhiza of *Berkheya coddii* and other Ni-hyperaccumulating members of Asteraceae from ultramafic soils in South Africa. *Mycorrhiza*, 13(4), 185-190.
- [116] Stevanović, V., Tan, K., & Iatrou, G. (2003). Distribution of the endemic Balkan flora on serpentine I.—obligate serpentine endemics. *Plant systematics and evolution*, 242(1-4), 149-170.
- [117] Aytac, Z., & Aksoy, A. (2000). A new species of *Bornmuellera* Hausskn.(Brassicaceae) from south Anatolia, Turkey. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 134(3), 485-490.
- [118] Callahan, D. L., Roessner, U., Dumontet, V., De Livera, A. M., Doronila, A., Baker, A. J., & Kolev, S. D. (2012). Elemental and metabolite profiling of nickel hyperaccumulators from New Caledonia. *Phytochemistry*, 81, 80-89.
- [119] Psaras, G. K., Constantinidis, T. H., Cotsopoulos, B., & Manetas, Y. (2000). Relative abundance of nickel in the leaf epidermis of eight hyperaccumulators: evidence that the metal is excluded from both guard cells and trichomes. *Annals of Botany*, 86(1), 73-78.
- [120] Perrier, N., Amir, H., & Colin, F. (2006). Occurrence of mycorrhizal symbioses in the metal-rich lateritic soils of the Koniambo Massif, New Caledonia. *Mycorrhiza*, 16(7), 449-458.
- [121] Berazaín, R., de la Fuente, V., Sánchez-Mata, D., Rufo, L., Rodríguez, N., & Amils, R. (2007). Nickel localization on tissues of hyperaccumulator species of *Phyllanthus* L.(Euphorbiaceae) from ultramafic areas of Cuba. *Biological trace element research*, 115(1), 67-86.
- [122] Contandriopoulos, J., & Quézel, P. (1976). Contribution à l'étude de la flore du Taurus et de l'Amanus. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 123(7-8), 415-432.
- [123] Batianoff, G. N., Reeves, R. D., & Specht, R. L. (1990). *Stackhousia tryonii* Bailey: a Nickel-Accumulating Serpentine-Endemic Species of Central Queensland. *Australian Journal of Botany*, 38(2), 121-130.
- [124] Kramer, U., Kruckeberg, A. R., Adiguzel, N., & Reeves, R. D. (2001). Studies on the flora of serpentine and other metalliferous areas of western Turkey. *South African Journal of Science*, 97(11), 513-517.
- [125] <https://www.google.com.tr/img?hl=tr&tab=ri&ogbl>