



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Hiperakümülatör ve Türkiye florasındaki hiperakümülatör türler

Kürşad Özbek *

Türkiye Tohum Gen Bankası/Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Kampüsü, Ankara

Özet

Sanayileşme ve nüfus artışı tüm ekosistemler üzerinde büyük bir baskıya sahiptir. Özellikle ağır metal kirliliği gelişmiş ülkelerde her geçen gün daha da ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Sanayileşmiş ülkelerde ağır metallerle kirlenmiş alanların temizlenmesinde hiperakümülatör bitkiler büyük öneme sahiptir. Bu alanların temizlenmesinde en önemli metotlardan birisi Fitoremediasyondur. 11 familyadan yaklaşık 400 bitkinin ağır metalleri toplayarak toprağı temizlediği bilinmektedir. Bu familyalar; Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Cunouniaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Lamiaceae, Poaceae, Violaceae, ve Euphobiaceae'dir. Türkiye florası 11.0707 takson ve 3.035 adet endemik tür ile dünyada önemli bir yere sahiptir. Ülkemiz bitki genetik kaynaklarının bu zenginliğine karşı bunların çok azından yarar sağlanabilmektedir. Türkiye florası incelendiğinde uluslararası literatürde yaralan farklı familyalardan 38 adet hiperakümülatör türe rastlanmaktadır. Bunlardan bazıları tarımda kullanılarak halk sağlığı için risk oluşturabilme potansiyeline sahiptir. Ülkemiz toprakları genel olarak gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında temiz olmakla beraber, özellikle yanlış tarım uygulamaları sonucu toprakta biriken kadmiyum gibi ağır metaller bu bitkiler veya hayvansal ürünlerle insana ulaşabilmektedir. 10 günde yeni bir bitki türünün keşfedildiği ülkemiz Florasında yer alan hiperakümülatör bitkiler kullanılarak mevcut kirlenmiş alanların temizlenmesinin yanı sıra bu tür testlere tabi tutulmamış birçok bitkide bulunmaktadır. Araştırma sonuçları diğer kültür bitkilerinin yetiştirilemediği alanlarda bu türlerin potansiyel olarak yetiştirilebileceği göstermiştir. Tarım alanlarındaki ekiliş ile diğer çevre ve insan sağlığına etkileri göz önüne alınarak belirlenmiş bu hiperakümülatör türlere ait bitkilerin beklenen etkileri sayesinde, bozulan ekolojik dengenin tamiri, korunması ve kirliliğin azaltılmasındaki etkileri ümit var görülmektedir. Konuların genişliği ve dağınıklığı, envanter kayıtlarının cıızlığı ve ülke yüzölçümünün büyüklüğü etmenleri göz önüne alındığında, konuya bir giriş katkısı sağlamanın ne denli ivedi bir gereksinim olduğu açıkça görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hiperakümülatör, ağır metal, fitoremediasyon

Effects of conditioner application on soil erodibility in soils with different pH

Abstract

Growths of industrialization and population have a big pressure on all ecosystems. Especially heavy metal contamination is getting more and more serious for developed countries. The importance of biodiversity is increasingly considered for cleaning the metal contaminated and polluted ecosystems. One of the leading methods for cleaning these areas is Phytoremediation. Approximately 400 plants from 11 families that hyperaccumulate metals are reported. The families dominating these members are Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Cunouniaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Lamiaceae, Poaceae, Violaceae, and Euphobiaceae. Plants that hyperaccumulate metals have tremendous effect on remediation of metal contaminated areas in developed countries. Having a total count of 11.0707 taxa and comprising 3035 endemics, the flora of Turkey has a significant place in the world (Türkiye Bitkileri Listesi 2012). Even though our country cradles such vast plant genetic resources, we can merely benefit from this abundance. When it is investigated, it can be seen that the flora of Turkey consists of 38 hyperaccumulator plants from different families that are also mentioned in international literature. Some of hyperaccumulator plants have the potential of harm and can pose a risk for public health if used for agricultural purposes. Although the soil of our country can be considered less contaminated when compared to developed countries, heavy metals such as cadmium depositing onto soils can pass through humans via plant or animal produces especially as a result of poor agricultural practices. As a result of the factors such as broader, disorganized topics, the scarcity of inventory records and the size of the surface area of the country it is clear how vital is to provide at least an entry level of input on the subject.

Keywords: Hyperaccumulator, heavy metal, phytoremediation.

© 2015 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Türkiye Tohum Gen Bankası/Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Kampüsü, İstanbul Yolu Üzeri, No :38, P.K.51, Yenimahalle, Ankara

Tel.: 0(362) 343 10 50

E-posta: ozbekkursad@yahoo.com

e-ISSN: 2146-8141

Giriş

Hiperakümülatör bir bitki çok yüksek konsantrasyonlarda ağır metal içeren topraklarda yaşayabilen ve bu ağır metalleri kökleri yolu ile alarak diğer dokularında biriktirebilen bitkilerdir. Söz konusu miktar bu denli yüksek ağır metal içeren topraklarda yaşamaya adapte olamamış birçok benzer tür için toksiktir. Hiperakümülatör olmayan türlerle kıyaslandığında hiperakümülatör bitkilere ait kökler topraktan ağır metalleri çok yüksek bir oranda alır, gövdeye daha yüksek bir hızda iletir ve gövde ve yapraklarda yüksek miktarlarda depolarlar. (Rascio ve ark. 2011)

Hiperakümülatör türler iz elementleri toprak üstü organlarında yüksek miktarda depolar. Bu türler iz elementleri aynı toprak üzerinde yaşayan diğer türlere oranla bitki kuru maddesinde 100 kata kadar varan konsantrasyonlarda bulundurabilirler. Hiperakümülatör türler genellikle ultramafic (serpentine) yada calamine topraklarda bulunurlar. Bu türlerin toprakta varlıkları genellikle yüksek metal içeriği konusunda indikatör olarak değerlendirilir. Aynı zamanda madencilik alanındaki potansiyel kullanımında unutulmamalıdır (<http://www.kiwiscience.com/Hyperaccumulators.html>).

Doğal bitki örtüsünde yaygın olarak bulunan bazı bitki türlerinin, ağır metaller ile kirletilmiş olan ekosistemlerin temizlenmesi çalışmalarında kullanılmaları günümüzde artarak önem kazanmaktadır. Bünyesinde metal biriktiren yaklaşık olarak 400 bitki türünün varlığı bildirilmektedir. Bu özelliğe sahip hakim familyalar *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Cyperaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Poaceae*, *Violaceae* ve *Euphobiaceae*'dir. *Brassicaceae* familyası 11 cins ve 87 türle bu özelliğe sahip en geniş familyadır. *Brassicaceae* familyasından nikel biriktiren 7 cins ve 72 tür bilinmektedir (Thompson, 1997). Bu arada bazı cinslerin de birden fazla ağır metali biriktirebilme özelliğinde olduğu bildirilmektedir. Örneğin *Thlaspi caerulescens* Cd, Ni, Pb ve Zn; *T. goesingense* Ni ve Zn; *T. ochroleucum*, Ni ve Zn ve *T. rotundifolium* Ni, Pb ve Zn biriktirir. Bu bitkiler çevredeki metallerin zararlı etkilerini gidermede büyük bir potansiyele sahiptir.

80'li yılların sonundan itibaren ağır metallere toleranslı bitkiler üzerinde yapılan çalışmalar giderek artan bir ilgi kazanmıştır. Başka bitkiler açısından öldürücü olabilecek düzeyde ağır metal içeren hiperakümülatör bitkilerin keşfedilmesi, toprakta bulunan ağır metallerin söz konusu bitkilerin gelişim süreçleri boyunca topraktan uzaklaştırılması ve böylece toprağın metale daha az duyarlı bitkiler açısından daha elverişli duruma getirilmesi düşüncesini ateşlemiştir.

Bu düşüncenin pratiğe aktarıldığı deneysel çalışmalarda bitkilerin organik ve inorganik kirleticileri topraktan absorbe ederek daha az zararlı bileşiklere dönüştürdüğü veya tamamen ortadan kaldırdığı gözlenmiştir. Konuya ilişkin araştırmalar sırasında ortaya çıkan diğer bir olgu da, bitkilere ek olarak bitki-kök bölgesinde yaşam süren mikroorganizmaların da organik-inorganik kirleticilerin parçalanması, farklı bileşiklere dönüşümü, taşınımı ve bitki bünyesine alınması gibi aşamalarda etkin rol oynadığıdır.

Bitkiler bu toksik materyalleri ya da izotopları, kökleri vasıtasıyla alarak, onları kolayca uzaklaştırabilecekleri gövde, yaprak gibi organlarına taşımaktadır. Araştırmacılara göre kirlenmiş toprakları bitkiler kullanarak temizlemek; bu zehirli atıkları kazarak ve taşıyarak ortamdan uzaklaştırmaktan 10 kat daha ucuzdur. Bitkiler yetiştirilip hasat edilebilirler ve kuruyan bitkinin yeşil aksamı yakılarak metaller tekrar elde edilebilir. Aynı zamanda ağır metallerin bitkiler tarafından alındıktan sonra satılarak da maliyetin düşürülebileceğini bildirmiştir. Elde edilen kül bir maden gibidir. Chaney bu süreci "Green Remediation" olarak adlandırmaktadır. Oysa toprakta bulunan bu ağır metaller müdahale edilmezse toprakta yüzyıllarca kalabilir (Chaney, 1995).

Toprak kirlenmesinde iyileştirici ajan olarak bitki kullanımı konusuna ilgi, yüksek metal sömüren bitki türlerinin tanımlanmasından sonra çok artmıştır. Bunlar, normal bitkilerde ölçülenden 100 kat daha fazla metal biriktirme kabiliyetine sahip bitkiler olarak tanımlanmaktadır. Hiperakümülatör bir bitki 10 ppm' den fazla Hg, 100 ppm'den fazla Cd, 1000 ppm'den fazla Co, Cr, Cu, ve Pb ve 10.000 ppm'den fazla Ni ve Zn' yu bünyesine alabilmektedir.

Kirli ortamların temizlenmesinde bitkilerin kullanılması yeni bir kavram değildir. Yaklaşık 300 yıl önce bitkilerin atık suların işlenmesinde kullanılması üzerine çalışmalar vardır. 19. yüzyıl sonunda *Thlaspi caerulescens* L. ve *Viola calaminaria* L., yapraklarında yüksek düzeylerde metal biriktiren ilk bitki türü olarak ortaya konmuştur (Baumann, 1885). 1935' te Byers *Astragalus* familyasındaki bitkilerin filizlerinde %0.6' ya kadar Se toplayabilme yeteneğinde olduğunu rapor etmiştir. Bundan 10 yıl sonra Minguzzi ve Vargnano (1948) filizlerinde %1 Ni depolayabilecek bitkileri belirlemişlerdir. Bradshaw (1952) *Festuca rubra* L.ve *Agrostis capillaris* L. gibi maden yataklarında yaygın olarak gelişen bitki populasyonlarının metal

dayanımlarını ispat eden ilk araştırmacıdır. Bu bitkiler maden atıkları ve eriyikleri ile kirlenmiş yerleri bitki yaşamına döndürmekte kullanılabilirler (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bazı Hiperakümülatör Bitki Türleri ve Biyoakümülyasyon Potansiyelleri

Bitki Türü	Metal	Yaprak Kapsamı
<i>Thlaspi caerulescens</i>	Zn: Cd	39.600:1.800
<i>Ipomea alpina</i>	Cu	12.300
<i>Haumaniastrum robertii</i>	Co	10.200
<i>Astragalus racemosus</i>	Se	14.900
<i>Sebertia acuminata</i>	Ni	%25 kuru özsuyu ağırlığına göre

Smith ve Bradshaw (1979) İngiltere’de metal kirliliğini saptamak için yerel metal dayanımlı bitki türlerini kullanmışlardır. Metal dayanımlı bitki yetiştiriciliğinde uzun dönemde gübrelemenin mükemmel vejetatif aksam ve toprakta stabilizasyonu sağladığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlara dayanarak üç farklı bitki üzerinde yapılan çalışmada: *Agrostis capillaris* cv. Goginan, ve *Festuca rubra* cv. Merlin’in kurşun ve çinko kirliliği için ve *Agrostis stolonifera* cv. Parys’in ise yoğun bakır kirliliği için uygun olduğu ortaya çıkmıştır. Bulaşık topraklardan metallerin çıkarılmasında bitkilerin kullanımı fikri Chaney (1983) tarafından yeniden ortaya konmuş ve geliştirilmiştir. Mallaisse ve Brooks (1982) bakır hiperakümülatörü *Haumaniastrum katangense*’nin bakır madenlerine ait tortularda rahatlıkla yetişebildiğini görmüşlerdir. Güney Afrika’da yetişen 1-2 m uzunluğundaki *Berkheya coddii* bitkisinin, kuru sürgünlerinde hemen hemen % 1,7 Ni biriktirdiği rapor edilmiştir (Morrey ve ark. 1989). Zn ve Cd’ un fitoekstraksiyonu üzerine ilk arazi denemesi 1991’ de gerçekleştirilmiştir (Baker ve ark. 1989).

Son 10 yılda metal fitoekstraksiyonunun biyolojisini araştırmak amacıyla çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Önemli başarılarla rağmen metal ekstraksiyonuna olanak sağlayan bitki mekanizmasına dair görüşlerimiz yeni yeni ortaya çıkmaktadır. Buna ilaveten agronomik faaliyetlerin bitkiler yardımıyla metal alınması üzerine etkileri gibi uygulamaya yönelik kavramlar büyük ölçüde bilinmemektedir. Fitoekstraksiyonun ticari amaçlı bir teknolojiye dönüşmesi ancak bitki mekanizmalarının ortaya konabilmesine ve yeterli düzeyde agronomik faaliyetlerin uygulanabilmesine bağlı olacaktır. Son derece yüksek seviyelerde metal depolayabilen bitki türlerinin doğal olarak ortaya çıkması bu işlemin incelenmesini özellikle ilginç hale getirmektedir. Çizelgede 2’ de araziden toplanan örneklerin kök kuru maddelerinde %1’in üzerinde ağır metal içeren bitki türlerine ait örnekler görülmektedir (Reeves, 1992).

Çizelge 2. Kuru maddelerinde %1’in üzerinde ağır metal içeren bitki türleri

Element	Bitki türleri
Zn	<i>Thlaspi calaminare</i>
Cd	<i>Thlaspi caerulescens</i>
Cu	<i>Aeolanthus biformifolius</i>
Ni	<i>Phyllanthus serpentinus</i>
Co	<i>Haumaniastrum robertii</i>
Se	<i>Astragalus racemosus</i>
Mn	<i>Alyxia rubricaulis</i>

Doğal bitki örtüsünde yaygın olarak bulunan bazı bitki türlerinin, ağır metaller ile kirlenmiş olan ekosistemlerin temizlenmesi çalışmalarında kullanılmaları günümüzde artarak önem kazanmaktadır. Bünyesinde metal biriktiren yaklaşık olarak 400 bitki türünün varlığı bildirilmektedir (Thompson, 1997). Bunlardan çoğu Ni’li biyolojik olarak konsantre hale getirebilmekte, yaklaşık 30 tanesi Co, Cu ve/veya Zn’ yu absorbe edebilmekte, çok azı Mn ve Cd’u biriktirebilmektedir

Bitkilerin kadmiyuma olan tepkisi çok değişkendir. Gerard ve ark. (2000), üç adet metalle bulaşık ve temiz toprakta çalışmıştır. İngiliz çimi (*Lolium perenne* L.) ve marul (*Lactuca*) ile, çinko ve kadmiyum akümülatörü olarak *Thlaspi caerulescens* L. bu topraklarda yetiştirilmiştir. Çimde sürgünlerdeki kadmiyum konsantrasyonu 0.1-2.3 mg/kg, marulda 0.4-8.3 mg/kg ve *T. caerulescens*’de 8.7-647 mg/kg olarak bulunmuştur. Marul ve çim değişebilir kadmiyumun % 1’inden daha azını alırken, *T. caerulescens* L. % 22’ sini almıştır. Reeves ve ark. (2001), maden yatakları, maden eritme bölgeleri ve serpantin yatakları üzerinde

eskiden bulunan herbaryum kayıtlarını dikkate alarak, *Thlaspi* türleri üzerine çalışmışlardır. Fransa'da değişik *T.caerulescens* L. populasyonları üzerinde yapılan çalışmalarda bazı türler arasında önemli farklar olduğu, yapraklı bitkilerde % 0,1-0,4 kadmiyuma kadar ulaşan değerlere ulaşıldığı görülmüştür. Serpantinli topraklarda nikel alımının da bazen % 1'in üzerine çıktığı kayda geçirilmiştir. Çoğunlukla düşük organik madde içeriğine karşın *T. caerulescens* L., fitoremediasyon, özellikle de kadmiyum için iyi bir potansiyel oluşturmaktadır. Öztürk ve ark. (2003), *Thlaspi caerulescens* L.ve *Thlaspi arvense* L. türlerine uyguladıkları farklı dozlardaki çinko ve kadmiyumun bitki gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, *T. caerulescens* sürgünlerinin, bitkide fazla miktarlarda çinko ve kadmiyum birikmesini tolere edebildiğini bildirmişlerdir.

Brassicaceae (Lahanagiller) familyasının üyeleri en iyi bilinen hiperakümülatör bitkiler olup, bu tür bitki gruplarının yaklaşık % 25'ini oluşturur. Bu familyaya *Arabidopsis thaliana*' da dahildir. Brassicaceae familyasına dahil olup da metal biriktiren bitkiler dünyanın değişik yerlerinden toplanmış ve hiperakümülatör görevi gören önemli genler tanımlanmıştır. Brassicaceae familyasından 20 türe ait 40 örnek Kuzey Amerika, Fransa, Almanya, Avusturya, İtalya, Yunanistan ve Türkiye'den toplanmıştır. *Arabidopsis thaliana*'nın genom sırasının aday genler arasında en zengin olduğu bulunmuştur (David, 2005). Ünver ve ark. yaptıkları çalışmada Batı Anadolu'daki tarım dışı arazilerdeki serpantinlerin bitkilerce alınabilir nikel kapsamlarını incelemişler ve 100 ppm'in üzerinde alınabilir nikel kapsamlarına rastlanmıştır (Ünver ve ark. 2009). Ozbek ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada: Batı Anadolu'nun ılıman karasal ve Akdeniz iklim koşulları altında diyetilen triamin pentaasetik asit (DTPA) ile ekstrakte edilebilir kadmiyum içerikleri bakımından zengin toprakların vejetasyon durumunu tespit etmişlerdir. Bitki ve yakınlardaki toprak örnekleri 51 çinko madeni alanından toplanmış ve yaygın türler genellikle Poaceae, Scrophulariaceae ve Brassicaceae familyasına ait bulunmuştur. Altınözlü ve ark. Türkiye'deki serpantin alanlarda doğal yetişen bitkilerin Nikel depolama kapasitelerini araştırmışlardır. Batı Anadolu serpantin topraklarının coğrafi dağılımı ve (DTPA) ekstrakte edilebilir nikel içeriği ile vejetasyon arasındaki olası ilişkileri incelemişler ve Türkiye'ye endemik olan *Isatis pinnatifida* nikel hiper toplayıcı tür olarak tanımlanmıştır (Altınözlü ve ark. 2011). Ozbek ve ark. (2013) Toros dağlarında Çinko madenlerine adapte olmuş türlerin kadmiyum içeriklerini araştırmış ve Çinko madenleri çevresinde yetişen ve çay olarak tüketilen *Micromeria myrtifolia* Boiss & Hohen (Lamiaceae) (boğumlu çay, dağ çayı) bitkisinde 4.7 mg kg⁻¹ Cd içeriğine rastlamışlardır.

Ülkemizde, varlığı bilinen tür ve cins zenginliğine karşın, hiperakümülatör konusunda önemli bilgi açığı bulunmaktadır. Oysa gerek jeolojik yoldan, gerekse günden güne artan oranda evsel ve endüstriyel atıklarla kirletilen arazilerimizin geniş alanları kapladığı bir gerçektir. Pil, akü, transistör, kablo, yonga (çip) gibi elektrik-elektronik ürün artıklarının ucuz ve etkin yollarla geri kazanımı, daha fazla ertelenemeyecek bir sorun yumağı oluşturmaktadır. Örneğin Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından pilot çerçevede başlatılan kullanılan pillerin (bu arada nikel kadmiyum pillerinin) nerede, nasıl korunacağı veya ne yolla geri kazanılabileceği konusunda ne yazık ki hiç bir hazırlığımız bulunmamaktadır.

Konuların genişliği ve dağınıklığı, envanter kayıtlarının cılızlığı ve ülke yüzölçümünün büyüklüğü etmenleri göz önüne alındığında, konuya bir giriş katkısı sağlamanın ne denli ivedi bir gereksinim olduğu açıkça görülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Thompson (1997) yaptığı derlemede 11 familyadan yaklaşık 400 bitkinin ağır metalleri toplayarak toprağı temizlediğini bildirmektedir. Makalenin giriş kısmında yapılan literatür çalışması sonucu güncel olarak hiperakümülatör ilan edilmiş türler de bulunarak veriler güncellenmiştir. Bu veriler ışığında Hiperakümülatör bitkilerce zengin olan familyalar; Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Cunouniaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Lamiaceae, Poaceae, Violaceae, ve Euphobiaceae'dir.

Türkiye florası üzerine birçok çalışma yapılsa da en kapsamlı kaynak Davis (1985) tarafından yazılan Türkiye ve Doğu Ege Adaları Florası isimli eserdir. Bu eser (Türkiye Florası), P.H. Davis editörlüğünde 1965–1985 yılları arasındaki yirmi yıllık bir sürede 9 cilt olarak yayınlanmıştır. Ciltlerin yayınlanmasından sonra ortaya çıkan yeni bulguların da eklenmesiyle 1988 yılında 10. cilt Davis ve ark. (1988), 2000 yılında ise 11. cilt Güner ve ark. (2000) ek ciltler olarak yayınlanmıştır.

Bu çalışma için, Türkiye Florası'nın 11 cildi taranarak Hiperakümülatör olarak kabul görmüş lokaliteli bitki türleri tespit edilerek, kayıtlar belirlenmiştir (Çizelge 3). Türkiye Florası adlı eserde bitkiler verilirken familya anahtarları, familya betimleri, cins anahtarları, cins betimleri, tür anahtarları, tür betimleri

Türkiye'deki yayılışları verilmiş, bu bilgilerden sonra bitkinin kısaca yeryüzündeki yayılışı, fitocoğrafik özelliği, endemizim durumu ve bitkinin taksonomik yorumu yer almaktadır.

Çizelge 3 Türkiye'de Bulunan Hiperakümülatör Türler

	Familya	Tür	Lokasyon
1	Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Batı Karadeniz, Orta Anadolu
2	Betulaceae	<i>Betula pendula</i> Roth.	Doğu Anadolu, Trabzon, Erzurum, Çoruh ve Kars
3	Brassicaceae	<i>Arabidopsis thaliana</i> Heynh.	Kuzey Türkiye'de 1800 metreye kadar, Güneydoğu Anadolu
4	Brassicaceae	<i>Brassica napus</i> L.	Çayırılık alanlar
5	Brassicaceae	<i>Isatis pinnatifida</i> P. H. Davis.	Batı Akdeniz
6	Caryophyllaceae	<i>Minuartia hirsuta</i> L.	Orta ve Kuzey Anadolu
7	Caryophyllaceae	<i>Minuartia verna</i> L.	Kırklareli, Gümüşhane, Kars
8	Caryophyllaceae	<i>Silene compacta</i> L.	Ege, Marmara, Orta Anadolu ve Antalya civarı
9	Convolvulaceae	<i>Calystegia sepium</i> L.	Kuzeydoğu Anadolu, Marmara bölgesi ve Denizli civarı
10	Cyperaceae	<i>Carex echinata</i> L.	Bursa, Ordu, Rize, Kütahya
11	Cyperaceae	<i>Eriophorum angustifolium</i> L.	Doğu Anadolu ve Kars
12	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Çanakkale, Antalya, İstanbul
13	Fabaceae	<i>Melilotus officinalis</i> L.	Ege, Orta ve Doğu Anadolu
14	Fabaceae	<i>Tirifolium pratense</i> L.:	Çayırılık alanlar
15	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L.:	Çayırılık alanlar
16	Geraniaceae	<i>Pelargonium</i> L.	Orta ve Güney Anadolu
17	Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	Ege ve Akdeniz bölgesi, Çayırılık alanlar
18	Oleaceae	<i>Fraxinus angustifolia</i> L.	Batı, Orta ve Güney Anadolu,
19	Onagraceae	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	Kuzey, Orta Anadolu, Erzurum, Antalya ve Siirt
20	Plumbaginaceae	<i>Armeria maritima</i> Wild.	İstanbul
21	Poaceae	<i>Agrostis capillaris</i> L.	Genelde Anadolu'nun kuzey kısımları, çoğunlukla Kastamonu, Iğaz, Amasya, ve Ordu'da 1950 metreye kadar, Kayseri
22	Poaceae	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Marmara, Doğu Karadeniz, Ege, Orta ve Güney Anadolu
23	Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Batı ve Güney Anadolu,
24	Poaceae	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Marmara, Karadeniz bölgesi, Hatay, Mardin ve Maraş,
25	Poaceae	<i>Bromus ramosus</i> Hudson.	İstanbul, Bolu, Çankırı, Rize, Kars ve Adana
26	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> L.C.M.	Batı ve Kuzey Doğu Anadolu, Akdeniz ve Orta Anadolu
27	Poaceae	<i>Danthonia decumbens</i> L.	Türkiye'nin kuzey kısımları,
28	Poaceae	<i>Deschampsia caespitosa</i>	Kuzey Anadolu, Karadeniz, Bölgesi, Van, Adana, Hakkari
29	Poaceae	<i>Festuca rubra</i> L.	Batı Anadolu
30	Poaceae	<i>Holcus lanatus</i> L.	Kuzey ve Batı Anadolu
31	Poaceae	<i>Hordelymus europaeus</i> L.	Kuzey Anadolu
32	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i> L.	Kuzey Anadolu, Marmara, Maraş ve Erzurum
33	Poaceae	<i>Nardus stricta</i> L.	Kuzey Batı, Kuzey Doğu ve Orta Anadolu
34	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Çayırılık alanlarda
35	Salicaceae	<i>Populus tremula</i> L.	Ege, Orta ve Doğu Anadolu
36	Salicaceae	<i>Salix viminalis</i> L.	İstanbul
37	Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i> L.	Anadolu
38	Violaceae	<i>Viola arvensis</i> L.	İstanbul, İzmir ve Trabzon

Bulgular ve Sonuç

Ülkemizin bitki genetik kaynakları zenginliğine karşın, bunların çok azından yarar sağlanabilmektedir. Doğadan doğrudan tüketilmek amacıyla toplanan ısırgan (*Urtica* spp.), ebegömeçi (*Malva* spp.), tere (*Lepidium*, *Nasturtium*), adaçayı, yaylaçayı, dağçayı (*Salvia* spp., *Sideritis* spp.) kekik (*Origanum* spp.),

Thymus spp.) gibi bitkiler dışında az sayıda kültür bitkisinin yabani akrabası araştırma ve ıslah amacıyla kullanılmaktadır. Ancak bu yabani bitkiler bitkisel biyolojik çeşitliliğimizin çok küçük bir bölümü olup geride keşfedilmeyi bekleyen büyük bir zenginlik yatmaktadır. Floramızda her on günde bir yeni bir tür keşfedildiği göz önünde bulundurulursa kirlenmiş toprakların temizlenmesinde daha ekonomik, çevreci ve sürdürülebilir bir türün keşfedilmesi de göz ardı edilemez. Bunun yanı sıra bitkisel biyolojik çeşitliğimiz içinde de henüz test edilmemiş birçok tür bulunmaktadır. Araştırmalar hiperakümülatör türlerin, kültüre alınmış türlerin yetiştirilemeyeceği ortamlarda yetiştirilebilme potansiyeli olduğunu da göstermektedir.

Floramız üzerine yapılan çalışmalar arttıkça türlerin yeni kullanım alanları da ortaya çıkacağı gibi, hiperakümülatör gibi bazı sıra dışı özelliklerde gündemdeki yerini koruyacaktır. Gelişmiş ülkelerde ağır metallerce kirlenmiş toprakların oldukça büyük alanları kapsamasına rağmen ülkemizde henüz ciddi boyutlarda ağır metal kirliliği bulunmamaktadır. Hemen tüm ağır metaller bedende birikip süregelen (kronik) rahatsızlıklara yol açabilme özelliğindedir ve düşük miktarlarda bile ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Çizelge 3'de görüldüğü üzere; 18 familyadan 38 adet hiperakümülatör tür ülkemizde yer almaktadır. Tür sayısı açısından en zengin familya 13 türle Poaceae familyasıdır. Bu ve diğer familyalarda yer alan birçok türün insan ve hayvanlar tarafından gıda olarak kullanıldığı dikkat çekmektedir. Fitoremediasyonda yeni bitki türleri, ağır metalle kirlenmiş alanların temizlenmesinde büyük umutlar vaat etse de çoğunluğu yenilebilir veya kültüre alınmış olan özellikle Brassicaceae gibi familyalara ait türler üzerindeki risklerde göz ardı edilmemelidir. Ağır metal içeriği yüksek bir toprakta yetişen otlarla beslenen hayvanlardan bu ağır metaller et ve süt yolu ile insan bünyesine geçebilmekte ve gelecekte büyük bazı potansiyel tehlikelere sahip olabilmektedir. Bu nedenle hiperakümülatör bitkiler sadece doğayı temizleme yada bitkisel madencilik özellikleri bakımından incelenmemeli, aynı zamanda özellikle gıda olarak tüketilen bitkiler konusundaki risklerde değerlendirilmelidir.

Kaynaklar

- Altınözlü H, Karagöz A, Polat T, Ünver İ. 2012. Nickel hyperaccumulation by natural plants in Turkish serpentine soils. *Turk J Bot* 36: 269-280
- Baker AJM, Brooks RR, 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements - a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1: 81-126.
- Baumann A. 1885. Das Verhalten von zinksätzen gegen pflanzen und imboden. *Landwirtsch. Verss.* 3:1-53.
- Bradshaw AD, 1952. Population of *Agrostis tennis* resistant to lead and zinc poisoning. *Nature* 169:1098.
- Byers HG, 1935. Selenium occurrence in certain soils in the united states, with a discussion of the related topics. *U.S. Dep. Agric. Technol. Bull.* 482: 1-47.
- Chaney RL, 1983. Plant uptake of inorganic waste constituents. In: Parr .IF, Marsh PI3. Kia JM, eds. *Land Treatment of Hazardous Wastes*. Park Ridge, NJ: Noyes Data Corp. pp: 50-76.
- 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.
- David ES, 2005. Genome-Wide Hunt for Metal Hyperaccumulation Genes. http://www.sc.doe.gov/ober/ERSD/ersd_Phyto.html
- Davis PH, 1965-1985. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. V 1-9. Edinburgh Univ. Press. Edinburgh U.K.
- Davis PH, Mill RR, Tan K, 1988. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. Vol. 10, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh
- Gerard E, Echevarria G, Sterckeman, T, Morel JL, 2000. Cadmium Availability to Three Plant Species Varying in Cadmium Accumulation Pattern. *J Environ Qual* 29(4): 1117-1123
- Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT (edlr.) 2012. *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.
- Güner A, Özhatay N, Ekim T, Başer KHC, 2000. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. Vol. 11 (Suppl.2), Edinburgh Univ. Press., Edinburgh.
- Malaise, F, Brooks RR, 1982. Colonisation of modified metalliferous environments in Zaire by the copper flower *Haumaniastrum katangense*. *Plant Soil* 64: 289-293.
- Minguzzi, C, Vergnano O, 1948. Il contenuto di nichel nelli ceneri di *Alyssum bertlonii* Desv. *Atti della Societa Toscana di Science Naturali, Mem Ser A* 55: 49-77.
- Morrey DR, Balkwill K, Balkwill MJ, 1989. Studies on serpentine flora: Preliminary analyses of soils and vegetation associated with serpentine rock formations in the south-Doğu Transvaal. *South Afr J Bot* 55: 171-177.
- Özbek K, Cebel N, Ünver İ, 2010. Bioavailable cadmium contents of zinc mining soils and the adapted plant species. *International Soil Science Congress* May 26-28, 2010 Samsun, Turkey.
- Özbek K, Cebel N, Ünver İ, 2013. Extractability and phytoavailability of cadmium in Cd-rich pedogenic soils. *Turk J Agric For* 38: 70-79.
- Öztürk L, Karanlık S, Özkutlu F, Çakmak İ, Kochian LV, 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.
- Rascio N, Navari-Izzo F, 2011. Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting?. *Plant Science* 180 (2): 169-181.

- Reeves RD, 1992. The hyperaccumulation of nickel by serpentine plants. In: Baker AJM, Proctor J, Reeves RD, eds. The Vegetation of Urania fie (Serpentine) Soils. Andover, Hampshire. UK: Intercept, pp: 253-277.
- Reeves RD, Schwartz C, Morel JL, Edmondson J, 2001. Distribution and Metal Accumulating Behaviour of *Thlaspi caerulescens* and Associated Metallophytes in France. *International Journal of Phytoremediation*, 3(2): 145-172.
- Smith RAH, Bradshaw AD, 1979. The use of metal tolerant plant populations for the reclamation of metalliferous wastes. *J Appl Ecol* 16: 595-612.
- Thompson L, 1997. *Exciting Environmental Technologies*.
- Ünver İ, Madenoğlu S, Özbek K, 2008. Available Ni potentials of Batiern Anadolu. *International Geology Symposium*, 6-9 Şubat 2009, MTA Gn Md Kültür Sitesi, Ankara, sf: 146-153.