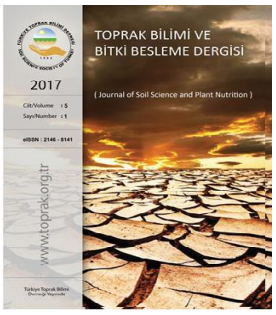
TOPRAK BİLİMİ VE
BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Serpantin ekolojisi ve Türkiye serpantin florası'na katkılar

Ebru Özdeniz *, Beste Gizem Özbey, Latif Kurt, Ayşenur Bölükbaşı

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara

Özet

Türkiye'nin floristik çeşitliliğinin en önemli nedenlerinden bazıları, edafik, jeolojik ve jeomorfolojik çeşitlilik ve farklı topoğrafik yapılardır. Serpantin, jips gibi minerallerce zengin kayaçlar üzerinde gelişen topraklarda endemizmin yoğun olması "jeolojik izolasyon" ile açıklanmakta, bu bölgeler "jeolojik ada" ya da "edafik ada" olarak adlandırılmaktadır. Serpantinli kayaçlardan gelişen topraklar bitki gelişimi için ekstrem habitatlardır. Bu ekstrem habitat koşulları floristik çeşitlilik açısından, özellikle endemik ve nadir taksonlar açısından son derece zengindir. Serpantin habitatlarda uzmanlaşmış türler, bu yoğun stres faktörlerine karşı adaptasyonlar geliştirerek hayatta kalmaktadır. Serpantin sistemlerin ekolojisi, biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği ve türlerin korunabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Serpantin ekolojisi, Serpantinofit, Serpantinovag, Edafik endemizm, Türkiye florası.

Serpentine ecology and contributions to the serpentine flora of Turkey

Abstract

Some of the most important reasons for the floristic diversity of Turkey are the edaphic, geological and geomorphogical diversity and different topographical structures. The fact that there is an extensive endemism on the land developed from the gypsum and serpentine rocks with extreme conditions is explained by the ''geological isolation'' and these regions are called "geologic island" or "edaphic island". Serpentine soils are extreme habitats for plants. These extreme habitat conditions are rich with floristic diversity, especially endemic and rare taxa. The species which are specialist for serpentine habitats can survive by developing adaptations toward these intense stress conditions. The ecology of serpentine systems have a significant importance for the sustainability of biodiversity and preservation of species.

Keywords: Serpentine ecology, Serpentinophyt, Serpentinovag, Edaphic endemism, Flora of Turkey.

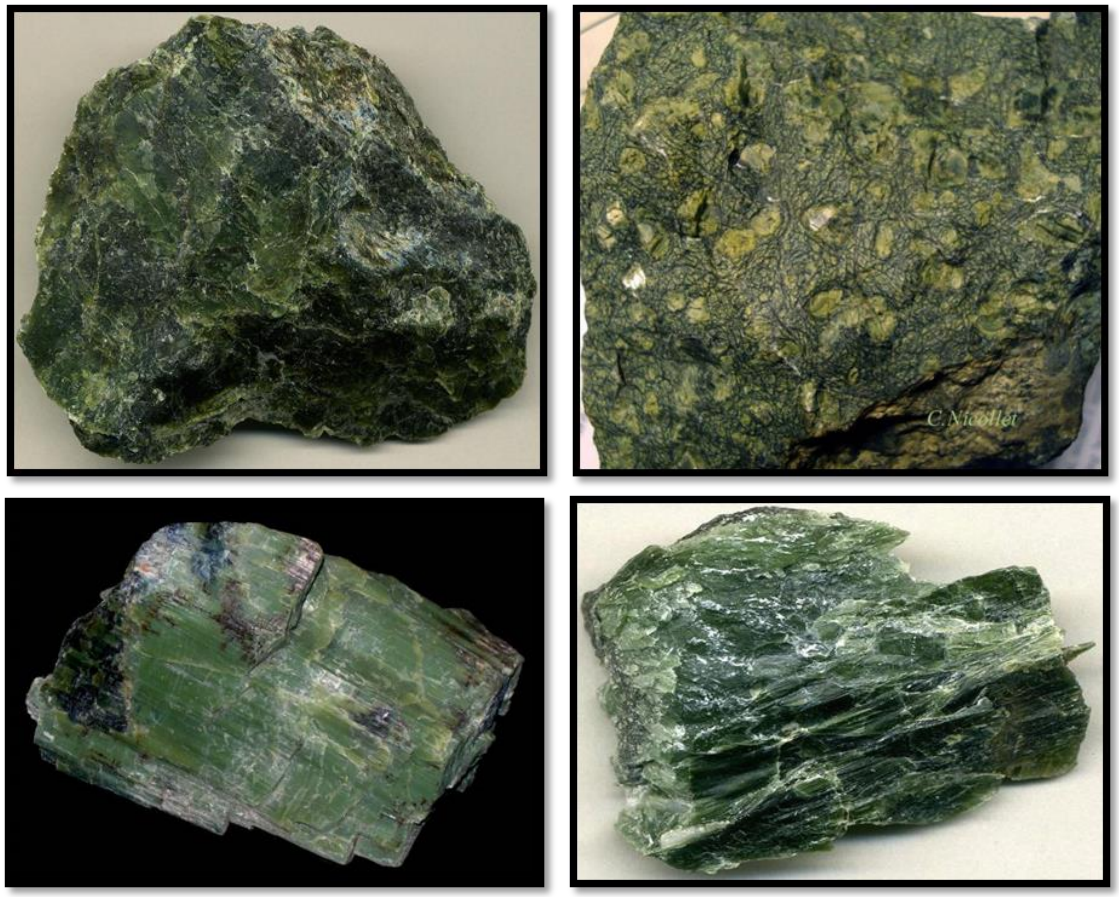
© 2017 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Türkiye, biyoçeşitlilik özellikle floristik çeşitlilik ve endemizm açısından ılıman kuşağın en zengin ülkelerinden biridir. Floristik çeşitlilik, başta ekosistem çeşitliliği olmak üzere edafik, iklimsel, topoğrafik, jeolojik vb. çeşitliliklerin bir yansımasıdır. Edafik çeşitliliğin biyoçeşitliliğe katkısı oldukça büyük olup ülkemizde önemli endemizm merkezleri serpantinli, jipsli veya tuzlu topraklarda yayılım göstermektedir.

Yüksek oranda Mg, Fe ve olivin, piroksen gibi mafik mineraller içeren kayaç ve silikat mineralleri ultramafik kayaç (gabro, bazalt, peridotit gibi); <%45 silika (SiO_2) içeren kayaçlar ise ultrabazik kayaçlar adını almaktadır. Ana manto materyali olan olivin ile suyun reaksiyona girmesi ile serpantin oluşumuna 'serpantinizasyon' denir. Serpantin içerikli, serpantinit adını almış kayaçlar (Şekil 1), alpin tipi serpantinitler, esas kabuk tabakasından gelişen okyanus dibi serpantinitleri gibi çeşitlere ayrılmaktadır. Serpantin içeren topraklar, ultramafik kayaların aşınması ile oluşmaktadır (Şekil 2). Bu magmatik veya metamorfik kayaların en az % 70'i ferromagnezyen veya mafik (magnezyum+ferrik-mafik) minerallerden oluşmaktadır (Kruckeberg, 2002).

* Sorumlu yazar:
Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara
Tel.: 0(312) 212 67 20 E-posta: eozdeniz@science.ankara.edu.tr
e-ISSN: 2146-8141



Şekil 1. Serpantinitlerin genel görünüşü (Anonim, 2015a)

Şekil 2. Ankara-Elmadağ dolaylarında serpantin silsilelerden genel bir görünüş

Serpantinli topraklar, ferromagnezyen silikattan oluşan ultramafik kayalar silsilesinin ürünüdür. Daha çok antigorit, krisotil ve lizardit gibi mineral gruplarını içermektedir. Yaygın ultramafik kayalar peridotit ve bunların yerkabuğundan hidratasyonu sonucu oluşan serpantinit içeren sekonder alterasyon kökenli oluşumlardır. Dünyanın hemen her yerindeki ve ada yaylarındaki serpantin kayalar yerkürenin üst mantosundan köken almaktadır. Pürüzsüz ve zeytin-yeşili renkte, alacalı, pullu olması nedeniyle latincede yılan anlamına gelen ''*serpentinus*'' 'tan adını almıştır. Serpantin kayalar faylar ve makaslama zonlarında genellikle büyük masifler ve kemerler halinde yayılmaktadır. Serpantinit gibi serpantin içeren kayalar kültürel ve tarihsel bakımdan önemli materyallerdir. Serpantinitler kolaylıkla işlenebilir ve bu nedenle tarihsel süreçte birçok kültür tarafından alet ve mücevher yapımında, törensel oymalarda, dekorasyonda, toplumların kültürlerini yansıtan tılsımların yapımında, yılan ısırıklarından korunmada kullanılmıştır. Asbestler (chrysotile gibi), Ni, Co ve Cr genellikle serpantin içeren kayalardan ekstrakte edilmektedir (Rajakaruna ve Boyd, 2014). Serpantinler, kıtaların kayması ve okyanus yayılımında önemli yer tutarak, nükleasyonda rol almakta ve depremlerde artış etkisi yaratmaktadır (Hirth ve ark., 2013).

Dünya yüzeyinin %1'nden daha az bölümünü kaplayan ultramorfik (serpantin) kayalar, dünya genelinde yamalar halinde yayılış gösterir. Serpantin oluşumunun edafik faktörleri fiziksel, kimyasal ve biyotik bileşenleri içerecek şekilde çok yönlüdür (Brooks, 1987; Brady ve ark., 2005). Serpantin kayalar tüm dünyada endemizm bakımından zengin habitatlar olarak bilinmektedir (Brooks, 1987; Kruckeberg, 2002). Örnek olarak Kaliforniya' nın % 1.5 'i serpantin kayaçlarla kaplıdır ve Kaliforniya' daki 1410 bitkinin 176' sı (%12) serpantinlere endemiktir. Sadece 669 taksonun serpantin ile ilişkili olduğu düşünüldüğünde bu sayı oldukça yüksektir (Brady ve ark., 2005). Küba'nın sadece %7'si serpantin olmasına rağmen ülkenin 6375 türünden 920'si serpantin endemiğidir. Bunun dışındaki endemiklerin de birçoğu hem serpantinde hem diğer substratlarda gelişmektedir (Reeves ve ark., 1999).

Ultramafik kayaçlar yurdumuzun da birçok yerinde yamalı bir dağılış göstermektedir (Şekil 3). Kütahya ve Balıkesir çevrelerinde, Antalya ve Muğla civarında, Hatay ve Adana civarında Amanos Dağları'nda, Doğu Toroslarda Mersin'in kuzeyi ve kuzeydoğusunda, Niğde ve Adana arasında Aladağ masifi içinde, Adana'dan-Erzincan'a kadar yüzlerce kilometrelik hat boyunca uzanır. Ayrıca Ankara ve Çanakkale çevrelerinde de lokal olarak rastlanmaktadır. Serpantinitlerin yayıldığı alanlar Türkiye'de endemizm bakımından oldukça önem taşımaktadır. Ayrıca serpantinitler maden cevheri bakımından da zengindir (Hoşgören, 2000).

Şekil 3. Serpantinli toprakların Türkiye'deki dağılışı

Serpantinli topraklar, bu topraklarda gelişen bitkiler, serpantin içerikli habitatlarla ilgili ekolojik, evrimsel ve uygulamalı modelleme çalışmaları üzerine birçok önemli araştırma yayınlanmıştır. Serpantinli toprakta gelişen bitkilerin büyümesini sınırlandıran faktörlerin saptanması (Proctor ve Woodell, 1975), ardından endemizmce zengin New-Caledonia'daki serpantinli toprakta gelişen bitkilerin doku konsantrasyonlarındaki ağır metal birikiminin belirlenmesi (Jaffré, 1980), bu konu hakındaki ilk önemli çalışmalardandır. Serpantin ile ilgili çalışmalar farklı içerikli dergilerde bulunabilir. Çünkü serpantin biyoloji, ekoloji, evrim, koruma, restorasyon, jeoloji, mineroloji, petroloji, jeokimya gibi birçok alanı içeren mutlidisipliner bir konudur. Son yıllardaki çalışmalarda, serpantinlerin anlaşılması için serpantin kayaların kökeni, jeodinamiği, minerolojisi, reolojisi (akış bilimi), tektonik önemini keşfetmenin önceliği önem kazanmıştır (Rajakaruna ve Boyd, 2014).

Serpantin anakayadan gelişen topraklar zor ayrıştıkları için sığ ve taşlı topraklar oluşturmaktadır. Serpantinli topraklar önemli miktarda Mg içerir ve bu durum aslında bitkilerin yetişmesi, gelişmesi açısından uygun değildir. Ni, Co, Cr gibi ağır metaller bakımından zengin olan serpantinli topraklar yüksek oranda Mg ve Fe içerirken, Ca, K, P gibi bazı ana besinler açısından fakirdir (Avcı, 2005).

Biyolojik çeşitliliğin temel nedenlerinden birisi "edafik adalar" olarak adlandırılan ekstrem edafik koşullarda gerçekleşen uyumsal açılımlardır. Serpantin, jips gibi bazı kayaçlardan gelişen topraklarda endemizmin yoğun olması "jeolojik izolasyon" ile açıklanmakta ve bu bölgeler "jeolojik ada" ya da "edafik ada" olarak adlandırılmaktadır. Ekstrem edafik koşullara genetik çözümler üretmiş olan bazı bitki türleri bu alanlarda tutunabilmektedir (Reeves ve ark., 1999; Rajakaruna, 2004; Kurt ve ark., 2013).

Doğada habitat kullanmada ekolojik uzmanlaşma oldukça yaygındır (Futuyma ve Moreno 1988; Stevens, 1989; Brown, 1995; Gaston ve Blackburn, 2000). Evrimsel süreçte biyolojik çeşitliliğin kayıp ya da kazançlarında ekolojik desenler önemli rol oynamıştır. Bununla birlikte habitata uyumun evrimsel kökeni henüz tam olarak ortaya konulamamıştır.

Serpantin toprakların fiziksel özelikleri bölgeden bölgeye önemli ölçüde değişebilir olduğu halde, genellikle serpantin topraklar alanda nem kapasitesi düşük açıklıklarda, yüzeysel ve taşlık substratlı dik kayalıklarda

bulunmaktadır. Bu şekilde stres kaynağı edafik koşulların oluşturduğu yoğun baskı nedeniyle, serpantin topraklar türleşme ve serpantin endemizminin evrilmesine yol açmaktadır. Bu durum dünya çapında yüksek endemizm oranına sahip flora ve izole dağılımlar gösteren türleri içeren özgün biotalara katkı sağlamaktadır. Serpantin toprakların biotası, türleşme ve adaptasyon üzerinde genetik çalışmaların yanı sıra ekolojik ve evrimsel teorilerin gelişimine çok büyük katkıda bulunmuştur. Serpantin toprakların kurak yapısı, organik materyalinin az ve fiziksel yapısının zayıf olmasından kaynaklanmaktadır (Brooks, 1987). Serpantin üzerinde yaşayan bitkiler, olumsuz edafik faktörlere ve yüksek konsantrasyondaki ağır metallere uyum sağlamalıdır (Kruckeberg, 1985). Serpantin toprakların fiziksel şartları birçok bitki türü için uygun değildir, bu durum serpantin alanlarda vejetasyon açısından çok seyrek olan, flora açısından ise çok fazla farklılık gösteren bir tablo ortaya koymuştur (Baker ve ark., 1992; Batianoff ve Singh, 2001).

Zayıf bitki örtüsü, erozyonun artmasına sebep olurken toprak sıcaklıklarını da arttırmaktadır. Serpantin içeriği zengin topraklarda kum ve kil miktarı çoğunlukla çok düşük seviyededir (Brady ve ark., 2005). Karakteristik olan serpantin toprak kimyası, sklerofil bitkilerce zengin bodur vejetasyon, düşük tür sayısı ve serpantin endemiklerinin ortaya çıkışında belirleyici özelliğe sahiptir (Kruckeberg, 1954). Serpantinli topraklarda gelişen bitkiler olumsuzluğa sebep olan fiziksel koşullardan dolayı toprağın kimyasal özelliklerinden kaynaklanan strese olduğu kadar kuraklık koşullarına da uyum göstermek zorunda kalmaktadırlar (Proctor ve Woodel, 1975; Brady ve ark., 2005).

Serpantin kayaçların bulunduğu alanlar endemik bitkilerce zengindir ve bu durum da ''jeolojik izolasyon'' olarak açıklanmaktadır. Jeolojik adalar'' veya ''edafik adalar'' olarak serpantin habitatları diğer toprak çeşitleri arasında yerini almaktadır. Ekstrem edafik koşullara genetik açıdan adapte olmuş kimi bitkilerin bu topraklar üzerinde yayıldığı belirtilmektedir (Kantarcı, 1987; Kruckeberg ve ark., 1999; Reeves ve ark., 1999; Adıgüzel ve Reeves, 2002).

Wallace (1858) ve Darwin (1859), ''Adaptasyon, evrimin doğal seleksiyon tarafından atılan imzasıdır'' görüşünü ortaya atmış ve bunun farklı çevrelerde geliştirilen adaptasyonun yeni türlerinin ortaya çıkması ile sonuçlandığını belirtmişlerdir. Adaptif evrimin dünya'nın farklı biotasının şekillenmesinde önemi tartışılmaz olduğu konusunda hemfikir olduğumuz halde (Schluter, 2001), kendi doğal habitatlarında yaşayan organizmaların süreçlerini anlamakta oldukça yüzeysel kalmaktayız.

Wallace (1858)'a göre, farklı toprak tiplerine bitki adaptasyonu ekolojik kesiklikler tarafından dayatılan güçlü bir doğal seleksiyon kanıtıdır. Birçok edafik uzmanlaşma örnekleri arasında serpantinli topraklara bitki adaptasyonu, evrimsel ekoloji çalışmaları için ideal olup, doğadaki adaptif evrim sorularına cevap vermek için önemli gereksinimleri karşılayacak niteliktedir. Serpantin ile yakından ilişkili bitkilerin farklılaşma adaptasyonu, filogenetik ve coğrafik açıdan ''normal'' topraklardan bağımsız olup çok daha fazla gelişmiştir. Bitkilerin adaptif fenotiplerindeki ayrışma karşılıklı nakilleri yoluyla kolaylıkla ortaya konmuştur. Doğal seleksiyon faktörleri, toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri, arazide, seralarda ve laboratuvarda manüpulatif deneylere yatkındır. Serpantin toleransının fizyolojik mekanizmaları bütün bitki düzeyinde tanımlanmıştır. Bu çalışmalar da daha alt organizasyonlar bazında adaptasyonun keşfi (dokusal, hücresel ve genetik) için ipucu sağlamaktadır (Brady ve ark., 2005).

Serpantin Sendromu

Biyolojik olarak, serpantinli alanlar genellikle çevredeki diğer bölgelerle kıyaslandığında biyoçeşitlilikçe çok zengin floralara sahiptir. Çeşitliliğe rağmen seyrek bitki örtüsü erozyona ve toprak sıcaklığının yükselmesine sebep olmaktadır (Kruckeberg, 2002). Bu faktörlerin her biri bitkiler için ek bir stres kaynağı teşkil etmektedir. Tüm bu kimyasal, fiziksel ve biyotik bileşenlerin oluşturduğu durum ''serpantin sendromu'' kavramı kullanılarak özetlenmiştir (Jenny, 1980). Serpantinli topraklarda yaşayan bitkiler tüm bu stres faktörlerinin tamamına karşı, bir diğer deyişle serpantin sendromuna karşı, adaptasyon geliştirmek zorundadırlar.

Serpantinli topraklar birçok yerde bulunmakta, ancak düzensiz yamalı bir dağılım göstermektedir. Alanlar arasında bazı varyasyonlar olmasına rağmen, 3 ortak özellik ortaya konulmuştur: a) Düşük bitki verimliliği b) Yüksek endemizm oranı c) Komşu alanlardan farklılaşmış vejetasyon tipleri. Bu özelliklere bakarak serpantin problemi; Edafik Faktör, Bitki türleri-tepki ilişkisi (otoekoloji), Bitki toplulukları-tepki ilişkisi (sinekoloji) şeklinde 3 kısma ayrılmıştır (Whittaker, 1954).

Serpantin probleminin edafik faktör kısmı, kimyasal, fiziksel ve biyotik bileşenleri ile çok yönlüdür. Bitkiler üzerindeki en etkili bileşenin kimyasal bileşendir (Kruckeberg, 1985). Serpantinli topraklar düşük Ca:Mg oranı ile karakterize edilmektedir. Bu alanlarda Ca konsantrasyonu, civardaki diğer alanlara kıyasla çok

düşüktür. Serpantinli topraklar aynı zamanda Fe, Ni, Cr, Co gibi birçok bitkiye toksik etki yaratan ve kimi zaman bitki büyümesini sınırlandıran ağır metalleri yüksek miktarda içermektedir. Ayıca serpantinli topraklar bitkiler için elzem olan N, P, K gibi temel bitki besin maddeleri açısından fakirdir. Bu durum bitkiler açısından olumsuzluk yaratmaktadır (Gordon ve Lipman, 1926; Vlamis ve Jenny, 1948; Walker, 1954; Proctor ve Woodell, 1975; Brooks, 1987).

Serpantinli topraklarda düşük konsantrasyonda bulunan Ca, serpantin sendromunun başlıca sebebidir (Vlamis ve Jenny, 1948). Yüksek Mg oranı da bu problemi daha da karmaşıklaştırmıştır. Bu hipotez birçok çalışma ile de desteklenmiştir (Walker, 1948; Vlamis, 1949; Kruckeberg, 1954; Walker ve ark., 1955).

Serpantinin fiziksel koşulları da birçok bitki için oldukça zordur. Peridotit, serpantinit gibi anakayaların hırçın fiziksel olumsuzlukları, en şaşırtıcı dönüşümlere sebep olmaktadır. Serpantin mostralar, genellikle sarp ve kayalık nispeten sığ topraklarda yayılırlar ve erozyona özellikle hassastırlar. Bu topraklardaki silt ve kil içeriği genelikle çok azdır (Walker, 1954; Proctor ve Woodell, 1975; Wallace, 1983; Kruckeberg, 2002). Bu nedenle serpantinli toprakların kimyasal yapısına olduğu kadar kuraklığa da tolerans kabiliyeti, bitkiler için hayati önem taşımaktadır.

Araştırmalara göre serpantin toleranslı türler ve ırklar, serpantin olmayan çevrelere adaptasyonda çok başarılı değildirler (Kruckeberg, 1954). Serpantine toleranslı bitkiler genellikle serpantin bölgelere endemiktir. Serpantin alanlar, komşu alanlardan keskin bir şekilde ayrılması ve serpantinli toprakların parlak bir edafik kesinti varlığının sınırlarını çizmesi ile çok dikkat çekici alanlardır. Ekstrem durumlarda serpantinli alanlarda sarp bir ekolojik gradyanın varlığına şüphe bırakmadan, kuraklık hüküm sürer (Whittaker, 1954).

Serpantin Sistemlerin Ekolojisi

Serpantinli topraklar bitkiler için oldukça zorlayıcı habitatlardır ve bitkilerin bu zorlukların üstesinden nasıl geldiğinin belirlenmesi hep ilgi çekici bir konu olmuştur. Serpantin sistemlerin ekolojisi, mevcut endemik bitki türlerinin zenginliği, serpantine özgü bitkilerin adaptif morfolojileri ve serpantin toplulukların kendine özgü yapısı ile oldukça ilginçtir (Brady ve ark., 2005). Bu bitkiler, sklerofil yapı, mikrofili, dikenli gövde yapısı gibi serpantine özgü çeşitli adaptasyonlar geliştirmektedir (Iturralde, 2001).

Büyük ölçekteki serpantin alanlarda alfa çeşitlilik (lokal tür sayısı) daha yüksek iken beta çeşitlilik (alanlar arasındaki türlerdeki farklılaşma) küçük ölçekteki alanlarda dikkat çekici oranda daha fazladır. Küçük yamalar halindeki serpantin alanlardaki yabancı tür miktarı topraktaki Ca miktarı ile doğrudan korelasyon göstermekte olup, geniş yamalardaki serpantin endemiği sayısı topraktaki Ca konsantrasyonu ile ters orantılıdır (Harrison, 1997; 1999). Serpantinde gelişen türler, ister vasküler ister briyofit olsun normal topraklarda gelişen bitkilere kıyasla çok daha fazla ağır metal biriktirmektedir (Briscoe ve ark., 2009).

Genellikle serpantinli topraklara adapte olmuş bitkiler, diğer topraklara adapte olmuş bitkilerden morfolojik olarak farklıdır (Şekil 4). Serpantine dayanıklı türlerin ve ırkların çeşitli karakteristik morfolojik özellikleri vardır. Öncelikle burada gelişen bitkiler, tipik olarak indirgenmiş zeromorfik yapıda yapraklara sahiptirler. Serpantin toleranslı bitkilerin boyutları, diğer topraklarda yetişen bitkilere göre önemli ölçüde küçüktür. Serpantinli topraklarda gelişen türlerin kök sistemleri komşu bölgelerle kıyaslandığında çok daha fazla gelişmiştir (Pichi-Sermolli, 1948; Rune, 1953; Krause, 1958; Ritter-Studnika, 1968).

Şekil 4. Serpantinli toprak ve serpantinli toprakta gelişen bazı bitkiler

Serpantinde gelişebilen türler, neredeyse tükenmiş Ca seviyelerine, Mg ve Ni'in yüksek konsantrasyonlarına oldukça toleranslıdır. Su gereksinimini ve aşırı su kaybını minimize edebilmek için serpantinde gelişen bitkiler stomalarını kapalı hale getirmektedir. Serpantine toleranslı bitkiler diğer bitkilere kıyasla daha yavaş büyürler ve kuraklığa uyum sağlayacak stratejilere sahiptirler.

Çok sayıda çalışma serpantinli topraklarda hayatta kalma üzerinde kuraklık toleransının önemini vurgulamaktadır. Toprak derinliği ve toprağın kimyasal yapısının kombinasyonu serpantin alanlarda mikrohabitatlardan bir yama oluşturmaktadır (Brady ve ark., 2005). Serpantin ve serpantin olmayan komşu habitatlar arasında keskin farklılıklar bulunmaktadır.

Serpantin floralardaki yüksek dereceli endemizm, serpantin alanlardaki koşulları tolere edebilen adaptasyonlar aracılığıyla sağlanmaktadır ve serpantin popülasyonlar, serpantin olmayan topraklarda yetiştirildiği takdirde bu adaptasyonlar rekabet yeteneği kaybı ile sonuçlanmaktadır (Kazakou ve ark., 2008).

Makro besin maddeleri, bitki-bakteri interaksiyonunu ciddi şekilde değiştirebilmektedir ve ortaya çıkan topluluk incelendiğinde, patojenlere duyarlığın serpantin türlerin endemizmini pekiştirebildiği tespit edilmiştir (Gustafson ve Casper, 2004). Bu patojen refüj hipotezi Kaliforniya'da yetişen bir keten türünde test edilmiş ve pas hastalığının serpantinli topraklar ile sınırlı türlerde daha az yaygın olduğu sonucuna varılmıştır (Springer, 2009). Ayrıca serpantinli ve serpantinli olmayan topraklardaki bitki tohumlarının renkleri ile substrat renklerinin eşleşmesinin dikkat çekici bir olgu olmaktadır (Porter, 2013).

Serpantinli topraklardaki stres faktörlerinin ve bitkilerin bu faktörlere karşı geliştirdikleri adaptasyonların temelini oluşturan genlerin arasındaki bağlantı dikkat çekicidir. Serpantinli topraklara toleransla ilgili genleri incelemek için bir yaklaşım ''quantitative trait loci- kantitatif özellik lokusu'' QTL' yi çalışmaktır. Örneğin, *Mimulus* cinsinin ekolojik ve evrimsel fonksiyonel genomik sorularını cevaplamak adına bir model sistem olarak QTL kullanılarak nasıl geliştirildiği ortaya konmuştur (Wu ve ark., 2008).

Hiperakümülasyon, bitkilerin serpantinli topraklarda yaşamlarını sürdürebilmesinin bir diğer sebebidir. Hiperakümülatörler, dokularında 1000 mg/g dan fazla Ni, Co, Cu, Cr ya da 10000 mg/g'dan fazla Zn, Mn vb. barındırmaktadırlar (Baker ve Brooks, 1989). Hiperakümülatör bitkiler, ağır metalleri vakuolleri aracılığıyla dokularında normal bitkilerden çok daha fazla miktarda biriktirebilirler. Metal toleransı bir kenara hiperakümülasyonun, allelopati yoluyla herbivorlara veya genel patojen direcine karşı savunma sağlayarak bitkiye fayda sağladığı düşünülmektedir (Boyd ve Martens, 1998; Boyd ve Jaffré, 2001; Davis ve ark., 2001).

Akdeniz Bölgesi'nin en karakteristik cinsi olan *Alyssum* aynı zamanda 'Ni Hiperakümülatörleri' olarak da bilinir. *Alyssum*'un Türkiye'de 48 farklı taksonu vardır ve bunların 27 tanesi Türkiye'ye özgüdür. Serpantin endemiği olarak bilinen ve bünyelerinde yüksek oranda nikel biriktirebilen bitkilere örnek olarak: *Silene cserei* ssp. *aeoniopsis* (Şekil 5), *Alyssum floribundum*, *A. constellatum*, *A. murale*, *A. dudleyi*, *Thlaspi elegans*, *Cochleraia sempervivum* verilebilir. Türkiye'de serpantinin yoğun olduğu bazı sahalarda araştırmalar yapılmıştır ve bu araştırmalardan *Alyssum*, *Thlaspi* ve *Cochlearia* gibi bazı bitki gruplarının biriktirebildikleri Ni miktarının % 2'yi geçtiği sonucu elde edilmiştir (Kruckeberg ve ark., 1999; Davis ve ark., 2001; Reeves ve ark., 2001; Avcı, 2005).

Şekil 5. Ni hiperakümülatörü ve serpantin endemiği *Silene cserei* ssp. *aeoniopsis* (Anonim, 2015b)

Türkiye'de serpantin alanlarda yayılış gösteren bitkilerin envanteri tamamlanmamış olmakla birlikte Türkiye florasının 9000'den fazla türü içermesi ve endemizm oranının %25'in üzerinde oluşu, Türkiye'de serpantin oluşumların sıklığı ile başka yerlere göre endemizme katkısının haddinden fazla olması gibi

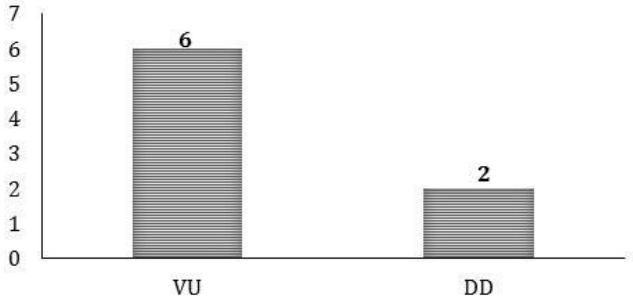
nedenlerden dolayı en azından 100 türün serpantin endemiği olabileceğini var sayılmıştır (Reeves ve ark., 2001). Araştırmacılar Türkiye'nin batısındaki serpantin alanlarda sürdürdükleri serpantin florası ile ilgili çalışma sonunda yaklaşık 20 adet yeni Ni hiperakümülatörü tür saptamışlardır (Reeves ve Adıgüzel, 2004).

Kurt ve ark. (2013), serpantin üzerinde uzmanlaşan 223 takson belirtmiş olmakla birlikte yeni tanımlanan taksonlar ile bu sayı 248'e ulaşmıştır (Çizelge 1). 248 taksonun 167'si endemik, 8 taksonu ise ulusal ya da küresel ölçekte nadir kategorisindedir (Şekil 6). Yeni elde edilen veriler doğrultusunda serpantin üzerinde gelişen endemik ve nadir taksonların IUCN tehlike kategorilerine göre dağılımı EX 1; CR 39; EN 32; VU 24; LR (cd) 27; LR (nt) 8; LR (lc) 14; DD 7 şeklindedir (Şekil 7). Taksonların % 67'si endemik, %8'i nadir olarak belirlenmiştir (Şekil 8). Familya dağılımı dikkate alındığında 45 taksonla *Asteraceae* familyası ilk sırada yer alırken bu sıralama *Liliaceae* 23; *Caryophyllaceae* 22; *Lamiaceae* 21 ve *Brassicaceae* 21 takson şeklinde devam etmektedir (Şekil 9). Fitocoğrafik dağılımları ise Akdeniz elementi 103; İran-Turan 47; Avrupa-Sibirya elementi 2; Euxine elementi 1 ve fitocoğrafik bölgesi bilinmeyen 13 takson şeklinde tespit edilmiştir (Şekil 10). Türkiye'de serpantin kayaçların yayılış alanları dikkate alındığında özellikle "Anadolu Diyagonali" üzerinde yoğunlaştığı, diyagonal üzerindeki endemizmin bir diğer nedeninin jeolojik izolasyon olduğu ortaya konulmuştur (Kurt ve ark., 2013). Yeni tespit edilen taksonların büyük çoğunluğunun serpantin kayaçlar üzerinde yayılıyor olması, bu alanlarda detaylı floristik araştırmaların gereğini ortaya koymaktadır (Şekil 11). Kurt ve ark (2013) tarafından 223 taksonun 97'si serpantinofit (zorunlu serpantin bitkisi=obligat) olarak, geri kalan 126 'sı ise serpantinovag (hem serpantin üzerinde hem de serpantin dışındaki farklı edafik koşullarda gelişebilen-fakültatif) olarak değerlendirilmiş iken yeni tanımlanan taksonlar ile birlikte değerlendirildiğinde 248 taksonun 119'u serpantinofit, 129'u ise serpantinovag olarak tespit edilmiştir (Şekil 12). Kurt ve ark. (2013) tarafından Türkiye Florası'nda epitetini serpantinden alan 8 takson belirtilmiş ancak yeni eklenen (Freitag ve Özhatay, 1997; Genç ve Özhatay, 2013; Hamzaoğlu ve ark., 2015; Yıldırım ve ark., 2015) türler ile bu sayı 12'ye yükselmiştir (Çizelge 2).

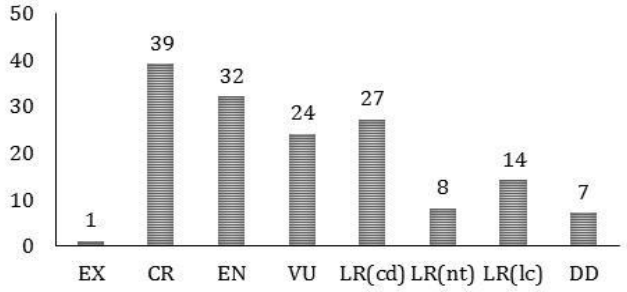
Çizelge 1. Türkiye Serpantin Florasına yeni eklenen taksonlar

Familya	**Takson adı**	**IUCN**	**Serpantinofit / Serpantinovag**
Caryophyllaceae	*Dianthus serpentinus* Hamzaoğlu	CR	Serpantinofit
Caryophyllaceae	*Dianthus multiflorus* Deniz & Aykurt	CR	Serpantinofit
Caryophyllaceae	*Dianthus aticii* Hamzaoğlu	VU	Serpantinovag
Caryophyllaceae	*Dianthus aculeatus* Hamzaoğlu	EN	Serpantinofit
Caryophyllaceae	*Silene kemahensis* Aytaç & Kandemir	CR	Serpantinofit
Caryophyllaceae	*Eremogone ali-gulii* Koç & Hamzaoğlu	EN	Serpantinofit
Liliaceae	*Muscari serpentinicum* Yıldırım, Altıoğlu&Pirhan	VU	Serpantinofit
Liliaceae	*Muscari babachii* Eker & Koyuncu	CR	Serpantinovag
Liliaceae	*Allium serpentinicum* İ. Genç & N. Özhatay	CR	Serpantinofit
Liliaceae	*Allium phanerantherum subsp. involucratum* Ekşi, Koyuncu & M. Bona	CR	Serpantinovag
Liliaceae	*Scilla arsusiana* Yıldırım & Gemici	CR	Serpantinofit
Liliaceae	*Scilla albinerve* Yıldırım & Gemici	CR	Serpantinofit
Asteraceae	*Psephellus vanensis* A.Duran, Behçet & B.Dogan	CR	Serpantinofit
Asteraceae	*Tragopogon turcicus* Coşkunç. M. Gultepe & Makbul	VU	Serpantinofit
Asteraceae	*Galatella anatolica* Hamzaoğlu & Budak	CR	Serpantinofit
Asteraceae	*Scorzonera yildirimlii* A. Duran et Hamzaoglu	CR	Serpantinofit
Asteraceae	*Scorzonera zorkunensis* Coskuncelebi & S.Makbul	EN	Serpantinofit
Asteraceae	*Jurinea tortumensis* A. Duran & B. Dogan	CR	Serpantinofit
Asteraceae	*Centaurea nerimaniae* Ş. Kültür	CR	Serpantinofit
Asteraceae	*Achillea sivasica* Çelik & Akpulat	CR	Serpantinofit
Asteraceae	*Centaurea malatyensis* Ş. Kültür & M. Bona	CR	Serpantinofit
Brassicaceae	*Fibigia clypeata* subsp. *anatolica* A. Duran & Tustas	CR	Serpantinofit
Lentibulariaceae	*Pinguicula habilii* Yıldırım, Şenol & Pirhan	CR	Serpantinofit
Chenopodiaceae	*Salsola canescens* (Moq.) Spach subsp. *serpentinicola* Freitag & E. Özhatay	CR	Serpantinofit
Boraginaceae	*Onosma aksoyii* Aytaç & Türkmen	CR	Serpantinofit

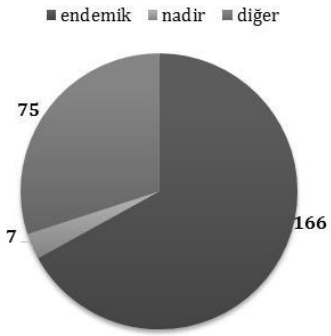
Yüksek seviyedeki abiyotik stres ve serpantin mostraların adasal doğası nedeniyle, serpantin topraklarda gelişen taksonlar adaptasyon, ekotipik farklılaşma ve türleşme için model organizmalardır. Model cins olarak *Arabidopsis* kullanarak serpantin ve serpantin olmayan populasyonlardaki Ca:Mg toleransına bağlı polimorfizmi ve ağır metal detoksifikasyonunu araştırılmış ve sonucunda coğrafi olarak farklı serpantine toleranslı bölgelerdeki popülasyonlarda aynı polimorfizm aracılığıyla paralel ekolojik adaptasyonlar ortaya çıkabileceği ileri sürülmüştür (Turner ve ark., 2010).



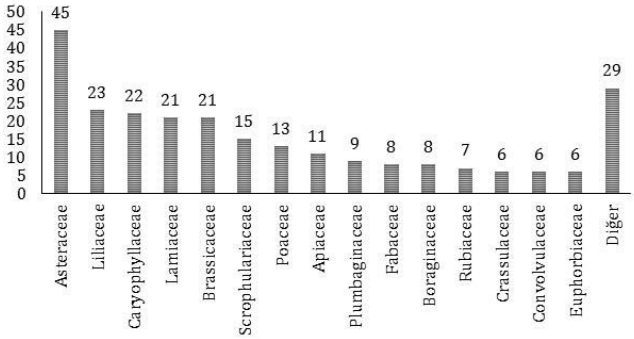
Şekil 6. Tükiye Florası kayıtlarına göre serpantin üzerinde uzmanlaşmış ulusal ya da küresel ölçekte nadir taksonların IUCN tehlike kategorilerine göre dağılımı (VU: duyarlı; DD: yetersiz veri) (Kurt ve ark., 2013)



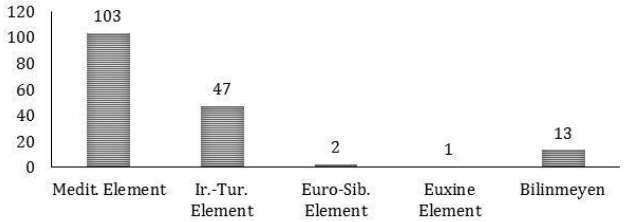
Şekil 7. Serpantin üzerinde uzmanlaşmış endemik taksonların IUCN tehlike kategorilerine göre dağılımı [EX: tükenmiş; CR: kritik; EN: tehlikede; VU: duyarlı; LR(cd): koruma önlemi gerektiren; LR(nt): tehdit altına girebilir; LR(lc) en az endişe verici; DD: yetersiz veri] (Kurt ve ark., 2013'dan değiştirilerek)



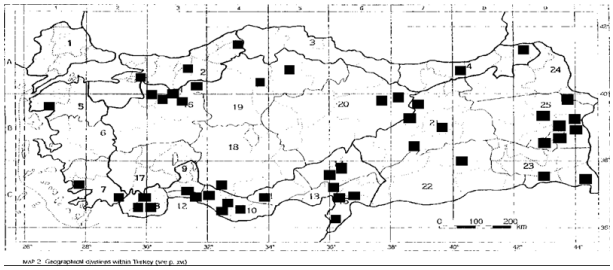
Şekil 8. Türkiye florasında serpantinde gelişen bitkilerin dağılımı (Kurt ve ark., 2013'dan değiştirilerek)



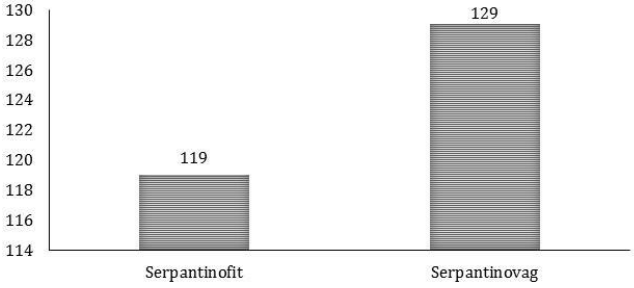
Şekil 9. Türkiye'de serpantinde uzmanlaşmış taksonların familyalara göre dağılımı (Kurt ve ark., 2013'dan değiştirilerek)



Şekil 10. Serpantin üzerinde uzmanlaşmış taksonların fitocoğrafik bölgelere göre dağılımı (Kurt ve ark., 2013'dan değiştirilerek)



Şekil 11. 2000 yılından sonra Türkiye'de keşfedilen yeni bitki taksonlarının dağılımları (Kurt ve ark., 2013)



Şekil 12. Serpantin habitatlarda uyumsal açılımlar geliştiren serpentinofit ve serpentinovaglar (Kurt ve ark., 2013'dan değiştirilerek)

Brassicaceae familyası birçok serpantin toleranslı ve metal hiperakümülatörü bitki içermektedir (Gall ve Rajakaruna, 2013). Hiperakümülatör bitkiler, metale karşı dirençli bakteri suşlarının bulunabileceği yüksek

metal içerikli habitatlar yaratmak için topraktaki metalleri örtüleri altında biriktirerek, metale dirençli bakterilere niş sağlayabilmektedirler (Mengoni ve ark., 2010).

Serpantinli topraklarda bitkilerin yanı sıra bakteri, mantar, liken ve hayvanlar da yaşamını sürdürmektedir. Serpantinleşme sürecinin extramofil bakteriler de dahil kemosentetik canlılar için uygun habitat koşullarını oluşturabileceği değerlendirilmiştir, serpantinde yaşayan extramofillerle ilgili ultramafik manto kayaçları içeren çalışmalar üzerine net etkiler tespit edilmiştir (Cardace ve Hoehler, 2011). Moleküler ve fizyolojik yaklaşımlarla serpantin volkanından izole edilmiş yeni bir bakteri türünü ortaya konmuştur (Takai ve ark., 2005). Düşük taksonomik ölçekte, serpantinli topraklarda yaşayan bakteriler kendi içlerinde birbirine daha çok benzerken, serpantin olmayan topraklarda yaşayan bakteriler kendi aralarında daha az benzerlik göstermektedir (Oline, 2006).

Çizelge 2. Türkiye florasında epitetini serpantinden alan taksonlar ve IUCN tehlike kategorileri (Freitag ve Özhatay 1997; Genç ve Özhatay, 2013; Kurt ve ark., 2013; Hamzaoğlu ve ark., 2015; Yıldırım ve ark., 2015)

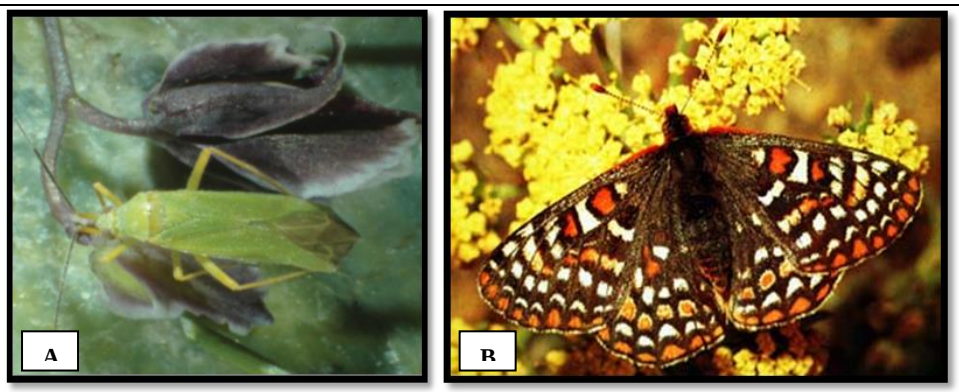
Familya	Takson	IUCN
Crassulaceae	*Rosularia serpentinica* (Werdermann) Muirhead	CR
Scrophulariaceae	*Verbascum serpenticola* Hub.-Mor.	CR
Liliaceae	*Fritillaria carica* subsp. *serpenticola* Rix	EN
Gentianaceae	*Centaurium serpentinicola* A.Carlström	VU
Fabaceae	*Astragalus serpentinicola* H.Duman & Ekim	VU
Crassulaceae	*Prometheum serpentìnicum* (Werdermann) 't Hart var. *giganteum* (Eggli) 't Hart	CR
Asteraceae	*Centaurea serpentinica* A.Duran & B.Doğan	CR
Brassicaceae	*Erysimum serpentinicum* Polatschek	CR
Chenopodiaceae	*Salsola canescens* (Moq.) Spach subsp. *serpentinicola* Freitag & E. Özhatay	CR
Liliaceae	*Muscari serpentinicum* Yıldırım, Altıoğlu &Pirhan	VU
Liliaceae	*Allium serpentinicum* İ. Genç & N. Özhatay	CR
Caryophyllaceae	*Dianthus serpentinus* Hamzaoğlu	CR

Substratın yarattığı ekstrem koşullara rağmen serpantinli topraklar zengin ektomikorizal mantar topluluklarının yaşamını sürdürmesine destek olur nitelikte davranmaktadır. Bu durum, söz konusu mantarların serpantinli toprağın karakteristiği olan edafik stres faktörleri karşısından sınır tanımadığını düşündürtmektedir (Branco ve Sand, 2010). Serpantinli ve serpantinli olmayan topraklar mikorizal çeşitlilik açısından kıyaslandığında, serpantin topraklarda mikorizal türlerin çok daha yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir (Maas ve Stuntz, 1969). Serpantinli ve serpantinli olmayan alanlardaki likenler karşılaştırıldığında çok daha farklı ve daha zengin liken topluluklarına serpantin alanlarda rastlanmıştır (Rajakaruna ve ark., 2012).

New Caledonia'nın serpantin endemizmi ve buradaki hayvan grupları incelenmiş, bu düşük verimli habitatlarda, düşük rekabet söz konusu iken bitkilerdeki türleşme ile yeni yaşam alanları yaratılarak serpantin vejetasyonunun hayvan grupları üzerinde uyumsal bir fırsat sağladığı belirtilmiştir (Chazeau, 1997).

Afrika'da mound-building termitleri ve serpantinli topraklar arasındaki ilişki göz önüne alınarak serpantinli toprağın ve vejetasyonun, termitlerin üzerindeki etkileri kaydedilmiş, işçi termitlerin vücudundaki Ni ve Cr konsantrasyonlarının git gide arttığı tespit edilmiştir. Serpantin endemiği hayvan türlerinin büyük bir kısmının serpantin endemiği bitkilerle beslenen herbivorlar olduğu belirtilmiştir (Wild, 1975).

Bitkilerle yapılan metal hiperakümülasyonun evrimi en iyi herbivor ve patojenlere karşı savunma hipoteziyle açıklanmıştır. Hiperakümülatör bitkilerin dokularında biriken çok yüksek seviyedeki metal konsantrasyonları aynı zamanda herbivor böcekler ve bakteriler gibi diğer organizmalar için habitat teşkil etmektedirler (Rascio ve Navari-Izzo, 2011). Vücudunda yüksek seviyede Ni konsantrasyonu bulunan böceklerden (şekil 13a) ''high-nickel insects'' olarak bahsedilmektedir (Boyd, 2009). Küba serpantinli topraklarındaki Lepidoptera'lar ile ilgili bir ön çalışma yapmış ve 17 endemik tür tanımlanmıştır (Barro ve ark., 2004). En iyi çalışılmış serpantin endemiği hayvan Küba'da yaşayan ve Bay checkerspot kelebeği olarak bilinen *Euphydryas editha bayensis*'dir (Şekil 13b).



Şekil 13. A) California'da sadece serpantinli alanlarda bulunan yetişkin *Melanotrichus boydi* (Boyd, 2009) B) *Euphydryas editha bayensis* (Anonim, 2015c)

Sonuç

Serpantin sistemler biyolojik çeşitlilik açısından büyük önem taşımaktadır. Bu ekstrem habitatlara uyum sağlayan canlıların ve bu bölgelerdeki biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilmesi için serpantin habitatların tanınması büyük öneme sahiptir.

Edafik endemizm oranı serpantin habitatlarda oldukça yüksektir. Ülkemizdeki floristik çeşitliliğin korunmasında türlerin bu ekstrem koşullara uyum stratejilerinin ortaya konması önemli olduğundan bu tip araştırmalar in-situ ve ex-situ koruma çalışmalarında yol gösterici niteliktedir.

Araştırmalar sonucunda Türkiye'de serpantin habitatlara özgü takson sayısı 248'e ulaşmıştır, ancak gelecekte daha detaylı çalışmalarla bu sayının artacağı tahmin edilmektedir.

Kaynaklar

Adıgüzel N, Reeves RD, 2002. A new nickel-acumulating species of Alyssum (Cruciferae) from westernTurkey. *Edinburgh Journal of Botany* 59: 215-219

Anonim. 2015a. http://www.metroactive.com/papers

Anonim. 2015b. http://www.turkiyebitkileri.com

Anonim. 2015c. http://geologie.vsb.cz

Avcı M, 2005. Diversity and endemism in Turkey's vegetation. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi* 13: 27-55

Aytac Z, Türkmen Z, 2011. A new Onosma (Boraginaceae) species from southern Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Botany* 35(3), 269-274

Aytaç Z, Kandemir A, Fişne A, 2015. Silene kemahensis (Caryophyllaceae): Erzincan (Türkiye)'dan yeni bir Nakılçiçeği (Silene L.) türü. *Bağbahçe Bilim Dergisi* 2 (1):37-42

Baker AJM, Brooks RR, 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metal- lic elements-A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1:81-126

Baker AJM, Proctor J, van Balgooy MMJ, Reeves RD, 1992. Hyperaccumulation of nickel by the flora of the ultramafics of Palawan, Republic of the Philippines. In: Baker AJM, Proctor J, Reeves RD, eds. The vegetation of ultramafic (serpentine) soils. Andover, UK: Intercept Ltd. 291–304.

Barro CB, Alejandro RNÁ, Krys RF, 2004. The Lepidoptera of plant formations on Cuban ultramafics: A preliminary analysis. In Ultramafic rocks: Their soils, vegetation and fauna; Proceedings of the Fourth International Conference on Serpentine Ecology, 21–26 April 2003. Edited by Robert S. Boyd, Alan J. M. Baker and John Proctor, 223–226. St. Albans, UK: Science Reviews

Batianoff GN, Singh S, 2001. Central Queensland serpentine landforms, plant ecology and endemism. *South African Journal of Science* 97(11-12): 495-497.

Boyd RS, Martens SN, 1998. The significance of metal hyperaccumulation for biotic inter- actions. *Chemoecology* 8:1-7

Boyd RS, 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: 535-38

Boyd RS, Robert S, 2009. High-nickel insects and nickel hyperaccumulator plants: A review. *Insect Science* 16(1): 19–31

Brady KU, Kruckeberg AR ve Bradshaw HD Jr, 2005. Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 36:243–266

Branco S, Sand RHR, 2010. Serpentine soils do not limit mycorrhizal fungal diversity. *PLoSONE* 5.7: e11757

Briscoe LRE, Harris TB, Broussard W, Dannenberg E, Olday FC ve Rajakaruna N, 2009. Bryophytes of adjacent serpentine and granite outcrops on the Deer Isles, Maine, U.S.A. Rhodora 111.945: 1–20

Brooks RR, 1987. Serpentine and its Vegetation: A Multidisciplinary Approach. Dioscorides Press, Portland, OR

Brown JH, 1995. Macroecology. Univ. of Chicago Press, Chicago

Cardace D, Hoehler TM, 2011. Microbes in extreme environments: Implications for life on the early Earth and other planets. In Serpentine: The evolution and ecology of a model system. Edited by Susan P. Harrison and Nishanta Rajakaruna, 29–48. Berkeley: Univ. of California Press

Celik N, Akpulat HA, 2008. Achillea sivasica (Asteraceae: sect. Babounya (DC.) O. Hoffm.), a new species from inner Anatolia, Turkey. *Kew Bulletin* 63(3): 485-489

Çetin O, Duran A, Martin E, Tustas S, 2012. A taxonomic study of the genus Fibigia Medik.(Brassicaceae). *African Journal of Biotechnology* 11(1): 109-119

Chazeau J, 1997. Caractères de la faune de quelques milieux naturels sur sols ultramafiques en Nouvelle-Calédonie. In Écologie des milieux sur roches ultramafiques.

Coşkunçelebi K, Makbul S, Gültepe M, Onat D, Güzel ME, Okur S, 2012. A new Scorzonera (Asteraceae) species from South Anatolia, Turkey, and its taxonomic position based on molecular data. *Turkish Journal of Botany* 36(4): 299-310

Darwin C, 1859. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or The Preser- vation of Favoured Races in the Struggle for Life. New York: Mentor. 495 pp

Davis MA, Boyd RS, Cane JH. 2001. Host- switching does not circumvent the Ni-based defense of the Ni hyperaccumulator Streptanthus polygaloides (Brassicaceae). *South African Journal of Science* 97:554-57

Deniz İG, Aykurt C, Genç İ, Aksoy A, 2016. A new species of Dianthus (Caryophyllaceae) from Antalya, South Anatolia, Turkey. *PhytoKeys*, 63, 1

Dogan B, Duran A, Hakki EE, 2010. Jurinea tortumensis sp. nov.(Asteraceae) from northeast Anatolia, Turkey. *Nordic Journal of Botany* 28(4): 479-483

Dogan B, Behçet L, Duran A, Avlamaz D, 2015. Psephellus vanensis (Asteraceae), a new species from east Turkey. *PhytoKeys* 48: 11

Duran A, Hamzaoglu E, 2004. A new species of Scorzonera (Asteraceae) from South Anatolia, Turkey. *Biologia-Bratislava* 59(1): 47-50

Eker I, Koyuncu M, 2008. Muscari babachii sp. nov.(Hyacinthaceae) from south Anatolia. *Nordic Journal of Botany* 26(1-2): 49-52.

Ekşi G, Koyuncu M, Bona M, 2015. Allium phanerantherum subsp. involucratum (Amaryllidaceae), a new subspecies from Turkey. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy* 22(2): 143-146

Freitag H, Özhatay E, 1997. A new subspecies of Salsola canescens (Chenopodiaceae) from SW Anatolia, Turkey. *Willdenowia* 185-190

Futuyma DJ, Moreno G, 1988. The evolution of ecological specialization. *Annual Reviews Ecology and Systematics* 19: 207–233

Gall JE, Rajakaruna N, 2013. The physiology, functional genomics, and applied ecology of heavy metal-tolerant Brassicaceae. In Brassicaceae: Characterization, functional genomics and health benefits. Edited by Minglin Lang, 121–148. Hauppauge, NY: Nova Science

Gaston KJ, Blackburn TM, 2000. Pattern and Process in Macroecology. Blackwell Science, Oxford.

Genç İ, Özhatay N, 2013. Allium serpentinicum and A. kandemirii (Alliaceae), two new species from East Anatolia, Turkey. In Annales Botanici Fennici, Finnish Zoological and Botanical Publishing Board 50: 50-54

Gordon A, Lipman CB, 1926. Why are serpentine and other magnesian soils infertile? *Soil Science* 22:291-302

Gustafson DJ, Casper BB, 2004. Nutrient addition affects AM fungal performance and expression of plant/fungal feedback in three serpentine grasses. *Plant and Soil* 259(1–2): 9–17

Gültepe M, Coşkunçelebi K, Makbul S, Sağlam C, 2015. Tragopogon turcicus sp. nov.(Asteraceae) from Turkey and its phylogenetic position. *Nordic Journal of Botany* 33(5): 540-547

Hamzaoğlu E, Koç M, Budak Ü, 2013. Galatella anatolica sp. nov.(Asteraceae: Astereae) from Osmaniye, Turkey. *Nordic Journal of Botany* 31(1): 087-089

Hamzaoğlu E, Koç M, Aksoy A, 2014. A new pricking Carnation (Caryophyllaceae) grows on tuff from Turkey: Dianthus aculeatus sp. nov. *Biodicon* 7(2): 159-162

Hamzaoğlu E, Koç M, Büyük İ, Aksoy A, Soydam Aydın A, 2015. A new serpentine-adapted carnation (Caryophyllaceae) from Turkey: *Dianthus serpentinus* sp. Nov. *Nordic Journal of Botany* 33:57-63

Hamzaoğlu E, Koç M, Aksoy A, 2015. Dianthus aticii, a new species from Turkey (Caryophyllaceae). *PhytoKeys* (48): 21

Harrison S, 1997. How natural habitat patch- iness affects the distribution of diversity in Californian serpentin chaparral. *Ecology* 78:1898-1906

Harrison S, 1999. Local and regional diversity in a patchy landscape: native, alien, and en- demic herbs on serpentine. *Ecology* 80: 70- 80

Hirth G, Guillot S, 2013. Rheology and tectonic significance of serpentinite. *Elements* 9(2): 107–113.

Hoşgören MY, 2000. Jeomorfolojinin Ana Çizgileri I, Rebel yayıncılık, İstanbul

Iturralde RB, 2001. The influence of ultramafic soils on plants in Cuba. *South African Journal of Science* 97:510- 12

Jaffré T, 1980. Étude écologique du peuplement végétal des sol dérivés de roches ultrabasiques en Nouvelle Calédonie. Travaux et Documents de L'ORSTOM 124. Paris: ORSTOM.

Jenny H, 1980. The Soil Resource: Origin and Behavior. New York: Springer-Verlag. 377 pp

Kantarcı D, 1987. Toprak İlmi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi yayını, İstanbul

Kazakou E, Dimitrakopoulos PG, Baker AJM, Reeves RD ve Troumbis AY, 2008. Hypotheses, mechanisms and trade-offs of tolerance and adaptation to serpentine soils: From species to ecosystem level. *Biological Reviews* 83(4): 495–508

Koç M, Hamzaoğlu E, 2016. Eremogone ali-gulii (Caryophyllaceae), a new species from Turkey. *PhytoKey*s (61), 93

Krause W, 1958. Andere Bodenspezialisten. In Handbuch der Pflanzenphysiologie, ed. G Michael, 4:758-806. Berlin: Springer-Verlag

Kruckeberg AR, 1954. The ecology of serpentine soils: A symposium. III. Plant species in relation to serpentine soils. *Ecology* 35:267-74

Kruckeberg AR, 1985. California Serpentines: Flora, Vegetation, Geology, Soils, and Management Problems. Berkeley: Univ. Calif. Press. 180 pp

Kruckeberg AR, 2002. The influences of lithology on plant life. In Geology and Plant Life: The Effects of Landforms and Rock Type on Plants, pp. 160-81. Seattle/London: Univ. Wash. Press. 362 pp.

Kruckeberg A., Adıgüzel N, Reeves RD, 1999. Glimpses of the flora and ecology of Turkish (Anatolian Species), *The Karaca Arboretum Magazine* 5 (2): 67-86

Kurt L, Ozbey BG, Kurt F, Ozdeniz E. Bolukbaşı A, 2013. Serpentine Flora of Turkey. *Biological Diversity and Conservation* 6(1): 134-152

Kültür Ş, 2010. Centaurea nerimaniae sp. nov.(Asteraceae) from south Anatolia, Turkey. *Nordic Journal of Botany* 28(5): 613-616.
Kültür Ş, Bona M, Nath EÖ, 2016. A new species of Centaurea (Asteraceae) from East Anatolia, Turkey.
Maas JL, Stuntz DE, 1969. Mycoecology on serpentine soil. *Mycologia* 61(6): 1106–1116
Mengoni A, Schat H, ve Vangronsveld J, 2010. Plants as extreme environments? Ni-resistant bacteria and Nihyperaccumulatohyperaccumulators of serpentine flora. *Plant and Soil* 331(1–2): 5–16
Oline DK, 2006. Phylogenetic comparisons of bacterial communities from serpentine and nonserpentine soils. *Applied and Environmental Microbiology* 72(11): 6965–6971
Pichi-Sermolli R, 1948. Flora e vegetazione delle serpentine e delle alter ofioliti dell'alta valle del Trevere (Toscana). *Webbia* 6:1-380
Porter SS, 2013. Adaptive divergence in seed color camouflage in contrasting soil environments. *New Phytologist* 197(4): 1311–1320
Proctor J, Woodell SRJ, 1975. The ecology of serpentine soils. *Advances in Ecological Research* 9: 255–366
Rajakaruna N, 2004. The edaphic factor in the origin of plant species. *International Geology Review* 46: 471–478
Rajakaruna N, Kerry K, Alan MF, 2012. Investigation of the importance of rock chemistry for saxicolous lichen communities of the New Idria serpentinite mass, San Benito County, California, USA. *Lichenologist* 44(5): 695–714
Rajakaruna N, Boyd RS, 2014. Serpentine Soils. In: Oxford Bibliographies in Ecology. Ed. David Gibson. New York: Oxford University Press
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, Baker AJM, Borhidi A, Berazain R, 1999. Nickel hyperaccumulation in the serpentine flora of Cuba. *Annals of Botany* 83(1), 29-38
Reeves RD, Kruckeberg AR, Adıgüzel N, Krımer U, 2001. Studies on the fl ora of serpentine and other metalliferous areas of western Turkey. *South African Journal of Sciences* 97: 513-517
Reeves RD, Adıgüzel N, 2004. ''Rare Plants and Nickel Accumulators from Turkish Serpentine Soils, with Special Reference to Centaurea Species''. *Turkish Journal of Botany* 28:147-153
Ritter-Studni'ka H, 1968. Die serpentinomor- phosen der flora bosniens. Bot. Jahrb. 88: 443-65
Rune O, 1953. Plant life on serpentines and related rocks in the north of Sweden. *Acta Phytogeogr Suec* 31: 1-139
Schluter D, 2001. Ecology and the origin of species. *Trends in Ecology and Evoluation* 16: 372-80
Springer YP. 2009. Do extreme environments provide a refuge from pathogens? A phylogenetic test using serpentine flax. *American Journal of Botany* 96(11): 2010–2021
Stevens GC, 1989. The latitudinal gradient in geographial range: how so many species coexist in the tropics. *American Naturalist* 133: 240-256
Takai, KCLM ve Miyazaki M, 2005. Marinobacter alkaliphilus sp. nov., a novel alkaliphilic bacterium isolated from subseafloor alkaline serpentine mud from Ocean Drilling Program Site 1200 at South Chamorro Seamount, Mariana Forearc. Extremophiles 9.1: 17–27
Turner TL, Bourne EC, Von Wettberg EJ, Hu TT, ve Nuzhdin SV, 2010. Population resequencing reveals local adaptation of Arabidopsis lyrata to serpentine soils. *Nature Genetics* 42(3): 260–263
Vlamis J, Jenny H, 1948. Calcium deficiency in serpentine soils as revealed by absorbent technique. *Science* 107:549-51
Vlamis J, 1949. Growth of lettuce and barley as influenced by degree of calcium saturation of soil. *Soil Science* 67: 453-66
Yildirim H, ŞENOL SG, Pirhan AF, 2012. Pinguicula habilii (Lentibulariaceae), a new carnivorous species from South-West Anatolia, Turkey. *Phytotaxa* 64(1): 46-58
Yıldırım H, Gemici Y, Altıoğlu Y, 2014. Scilla arsusiana ve Scilla albinerve (Asparagaceae alt familya Scilloideae): Güney Anadolu'dan iki yeni Sümbülcük (Scilla L.) türü. *Bağbahçe Bilim Dergisi* 1(2): 37-49
Yıldırım H, Altıoğlu Y, Pirhan AF, 2015. Muscari serpentinicum sp. nova (Asparagaceae): a new species from western Anatolia, Turkey. *Ot Sistematik Botanik Dergisi* 21 (1): 1–14
Walker RB, 1948. A study of serpentine soil infertility with special reference to edaphic endemism. Ph.D. Thesis. Univ. Of California, Berkeley.
Walker RB, Walker HM, Ashworth PR, 1955. Calcium-magnesium nutrition with special reference to serpentine soils. *Plant Physiology* 30: 214-21
Walker RB, 1954. The ecology of serpentine soils: A symposium. II. Factors affecting plant growth on serpentine soils. *Ecology* 35: 259-66
Wallace AR, 1858. On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type. J. Proc. Linn. Soc. Zool. 3: 53-62
Wallace DR. 1983. The Klamath Knot: Explorations of Myth and Evolution. San Francisco: Sierra Club Books. 149 pp
Whittaker RH, 1954. The ecology of serpentine soils: A symposium. I. Introduction. *Ecology* 35: 258-59
Wild H. 1975. Termites and the serpentines of the Great Dyke of Rhodesia. *Transactions of the Rhodesia Scientific Association* 57(1): 1–11
Wu CA., Lowry DB, Cooley AM, Wright KM, Lee YW ve Willis JH. 2008. Mimulus is an emerging model system for the integration of ecological and genomic studies. *Heredity* 100(2): 220–230