



**BOR BİRİKTİREN GYPSOPHILA L. CİNSİ BİTKİLERİN MOLEKÜLER GENETİK YÖNTEMLERLE  
KARAKTERİZASYONU**

Erdoğan Eşref HAKKI<sup>1</sup> Ayşegül ÜNLÜ<sup>1</sup> Zeynep ÖZBEK<sup>1</sup> Sait GEZGİN<sup>2</sup> Mehmet BABAĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya/Türkiye

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Konya/Türkiye

**ÖZET**

Toprak ve su kaynaklarının metallerle kontaminasyonu çağımızın en acil uygulanabilir çözüme ihtiyaç duyduğu çevre ve insan sağlığı problemidir. As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn ve radyoaktif Sr, Cs ve U en önemli metal kirleticileri olarak bilinmektedir. Maden arama/işleme, endüstriyel faaliyetler, kazalar (Çernobil faciası vs.) gibi antropojenik etkiler sonucu meydana gelen ağır çevre tahribatının (buna metallerin yanı sıra solventler, patlayıcılar, pestisitler de dahildir) yanında Cu, Zn, B gibi elementlerin doğal biyojeokimyasal fenomenler neticesinde bazı geniş tarım alanlarında fitotoksik düzeylerde birikmeleri ile tarımsal faaliyetlerde büyük kayıplar ortaya çıkmaktadır. Hasatı yapılan bitkilerin bu elementlerin yüksek dozlarından az etkilendikleri durumlarda dahi, besin zinciri yoluyla insan sağlığına olumsuz etkiler söz konusu olabileceğinden bu kirliliğin uygun teknolojilerle temizlenmesi çalışmaları interdisipliner bir şekilde sürdürülmektedir. Türkiye topraklarında mikroelement problemleri konusunda yapılan değerli çalışmalar konu ile ilgili altyapının oluşmasını sağlamış olup problemlerin doğru tanımlanıp bitki biyokimyacıları, moleküler biyologlar, toprak kimyacıları, ekologlar ve hidrologlar, ziraat ve çevre mühendisleri ve yasa yapıcıların biraraya gelerek yüksek teknoloji uygulamaları ile "phytoremediation" diye bilinen çok daha ucuz ve uygulanabilir akıllı teknolojileri kullanmanın yolu açılmıştır.

Bu çalışma kapsamında bor-hiperakümülatör bir bitki olarak ilk defa tespit etmiş olduğumuz Gypsophila bitkilerinin buldukları yüksek B içerikli ekstrem ortamlardan laboratuvar koşullarına taşınması, laboratuvar doku kültürü yöntemleri ile çoğaltılması ve tekrar sera şartlarında idamesi sağlanmıştır. Gypsophila bitkilerinin element içerikleri detaylı bir şekilde incelenmiş, aralarında tarımsal öneme sahip aksiyonların da yer aldığı farklı Gypsophila ekotiplerinin moleküler genetik yöntemlerle analizi ilk defa gerçekleştirilmiştir. Ağır metal alımı yüksek ve Türkiye'ye has bitkilerin tespiti gen kaynaklarının korunması açısından ileride önemli katkılar sağlayacaktır.

**Anahtar kelimeler:** bor, hiperakümülatör, Gypsophila, DNA parmakizi, fitoremediasyon

**CHARACTERIZATION OF PLANTS IN THE GENUS GYPSOPHILA L. VIA MOLECULAR GENETIC METHODS**

**ABSTRACT**

One of the most important environmental and health problems of today that needs urgent solution is the metal contamination of soil and water resources. As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn and radioactive Sr, Cs and U are known as the most important metal contaminants. Together with the heavy environmental devastations coming from anthropogenic effects, like the mine searches/processes, industrial activities, accidents (like that of Chernobyl), that use minerals but also solvents, explosives and pesticides, natural biogeochemical phenomena also result in heavy destruction of large agricultural areas with elements like Cu, Zn, B and lead to large quantities of agricultural production reductions. Even when the cultivated plants are not seriously influenced from high elemental concentrations in the soil, still the need to clean up these contaminations in an interdisciplinary manner with proper technologies persists due to the possible effects on human that may come from the food chains. Valuable preliminary investigations on the microelement problems of Turkish soil has generated a suitable environments for biochemists, molecular biologists, soil chemists, ecologists and hydrologists, agricultural and environmental engineers and law makers to come together and utilize cost effective and innovative technologies like phytoremediation.

With this study, Gypsophila plants that were, for the first time, described as boron-hyperaccumulators were brought to our laboratories from their high-B containing extreme environments, maintained and amplified with tissue propagation techniques in the laboratories followed by their long term maintenance in controlled glasshouse. The elemental analysis of Gypsophila was determined in detail and different ecotypes of Gypsophila plants, including some agronomically important accessions, were analysed with molecular genetics methods. Determination of plants that hyperaccumulate heavy metals and are specific to Turkey is of paramount importance in terms of conservation of genetical resources for future benefits.

**Keywords :** boron, hyperaccumulator, Gypsophila, DNA fingerprint, phytoremediation.

**GİRİŞ**

Sürekli artan dünya nüfusunun en azından bugünkü koşullarda beslenmesinin sağlanması için tarım politikalarında ciddi değişiklikler, birim alandan elde edilen verimin artırılması, üretim kayıplarının minimum düzeylere çekilmesi ve bunların en ekonomik bir şekilde yapılması kaçınılmazdır. Özellikle Orta Ana-

dolu'nun bazı bölgelerinde bor gibi bazı mikroelementlerin bölge üretiminde dominant olan tahıllar için fitotoksik düzeylerde olduğu alınan binlerce toprak/bitki örneği analizleri ile önceki çalışmalardan tespit edilmiştir (Gezgin ve ark. 1999). Gerek insan faaliyetleri ile oluşan kirliliğin giderilmesi, gerekse doğal koşulların dikte ettiği toksik metal düzey-

lerinin yeterli ve zararsız seviyelere indirilmesi çalışmaları son yıllarda moleküler biyoloji ve biyoteknoloji alanlarındaki heyecan verici çalışmalarla birlikte yeni açılımlara kavuşmuş olup, kabul edilebilir çözüm yolları *innovative* teknolojiler sayesinde bulunmaya başlanmıştır. Binlerce yıllık hayatta kalma çabaları sonucu bazı bitkilerin geliştirdikleri yüksek düzeylerdeki metallere toleranslarının (diğer stres faktörleri için de aynı şey söylenebilir) moleküler düzeyde anlaşılması çabaları DNA parmakizi yöntemlerinin geliştirilmesi ile tüm canlılarda olduğu gibi bitkilerde de birbirleri ile olan benzerlik ve farklılıkların hızlı, güvenilir ve ekonomik bir şekilde ortaya konmasını sağlamaktadır. Bitkiler arasında bulunan ve yeşil temizleme makineleri (*Green Cleaning Machines*) olarak adlandırılan hiperakümülatör bitkilerin diğer bitkilerden yüzlerce kat daha fazla metal, radionükleotid, eser element biriktirebilmektedir.

Çeşitli sanayi faaliyetleri ile insan etkisi sonucu birçok alanda biriken ağır metallerin yanında doğal çevre şartları ile geniş tarım arazilerinde ekimi yapılan bitkiler için fitotoksik düzeylerde mikroelement birikimleri gözlenmekte ve verimde ciddi oranlarda düşüşler yaşanmaktadır. Bor toksisitesi kurak iklimli bölgelerde (Güney Avustralya, Batı Asya ve Kuzey Afrika'da) önemli ölçülerde üretim kayıplarına sebep olmaktadır (Jefferies ve ark., 1999 ve 2000; ) Bor eksikliğinin tüm diğer mikroelementlere göre daha yaygın olduğu, birçok fizyolojik ve biyokimyasal prosesi etkilediği ve bitkiler arasında bor alımı/toleransı bakımından dramatik farklılıklar bulunduğu bilinmektedir (Brown ve Shelp, 1997; Shelp ve ark. 1996; Hu ve Brown 1997; Shintinawy 1999; Bellaloui ve Brown, 1998). *Prunus* çeşitlerinin de bor ve tuzluluğa karşı toleranslarının çok farklı olabildiği bildirilmiştir (Motaum ve ark., 1994). Doku kültürü tekniklerinden de yararlanarak çinko ve manganeze dayanıklı *Brassica* spp. kallus hatlarının *in vitro* seleksiyonu ve biyokimyasal karakterizasyonu Rout ve ark. tarafından 1999 yılında denenmiştir. Zn/Cd akümülatörü bir bitki olan *Thlaspi caerulescens* ile daha büyük toprak altı ve toprak üstü biyokütleyle sahip olup daha hızlı büyüyen ve hasatı mümkün olabilecek bir bitki olan *Brassica napus* arasında somatik hibridizasyon yapılmış ve metallerin fitoekstraksiyonunda kullanılacak hibritler elde edilmiştir. *Thlaspi caerulescens* bitkisinden *ZNT1* isimli metal taşıyıcı cDNA mayada fonksiyonel komplementasyon yöntemi ile klonlanmış ve bu genin hiperakümülatör bitkinin kök ve gövde dokularında çok yüksek oranlarda ekspresyonu görülmüştür (Pence ve ark., 2000). Zn/Cd remediasyonunda kullanılacak olan bir başka bitki ise *Reynoutria japonica* Houtt. (Polygonaceae) olmuştur (Hulina ve Dumija, 1999). *ZIP1*, *ZIP2*, *ZIP3* çinko transporter genleri ilk defa Arabidopsis'den klonlanmış ve sekanslama faaliyetleri tamamlanan bu bitkiye ait gen bankası taramalarından da *ZIP4* geni tespit edilmiş ve maya hücrelerinde Zn akümülyasyon kabiliyetleri incelenmiştir (Grotz ve ark., 1998). Santandrea

ve ark. (2000) tarafından tütün bitkisinde *in vitro* kültür ortamında Mn-tolerant bitkiler seçilmiş ve fizyolojik karakterizasyonları yapılmıştır. *Pisum sativum* L.'den elde edilen metallothionein benzeri *PsMT<sub>4</sub>* geninin *E.coli*'de ekspresyonu sonucu Zn, Cd, Cu metal iyonlarına bağlandığı ve metal bağlayan protein özelliklerine sahip olduğu görülmüştür. Bu bulgular, bazı genlerin fitoremediasyon amaçlı bitki tasarımlarında genetik mühendisliği çalışmalarında kullanılabilirliğini göstermektedir.

Takano ve ark. (2002) ilk defa bitkilerde bor (B) taşınmasını sağlayan bir transporter genini (*bor1*) model bir organizma olan *Arabidopsis thaliana*'dan izole edip karakterizasyonunu yapmışlardır. Borun, bitkilerin şekerli bileşiklerini yapraktan kök yönünde çeşitli organlarına taşıyan floem iletim sisteminde genellikle immobil olduğu görüşü de son yıllarda yapılan bu tür çalışmalarla değişmeye başlamıştır. Ancak B mobilitesinin türden türe değiştiği ve bazı bitkilerde B-poliyol kompleksleri şeklinde ko-transport ile B taşınmasının aktif bir şekilde olduğu gösterilmiştir (Brown ve Hu, 1996).

Bitkilerde hücre duvarının önemli komponentleri olan Rhamnogalaktronan birimlerini birbirine bağlayan önemli bir işleve sahip olan bor elementlerinin hücrenin canlılığında mutlak gerekli olduğu yönündeki bilgilerimiz oldukça eskiye dayanıyor olsa da borla ilgili çalışmalar benzer elementlere nazaran sınırlı kalmıştır. Bitkilerde borun (B) pek çok türde bulunduğu ile ilgili ilk verilere Agulhon H.'nin (1910) yayınladığı çalışmasında rastlanmaktadır. Warington K. (1923) borun bitkilerin büyümesi ve gelişimlerini sürdürebilmesi için sürekli olarak gerekli olan bir element olduğunu kanıtlamıştır.

Bu çalışma ile sunulan ve ilk bor-biriktiren bitki olma özelliğine sahip *Gypsophila*'nın B çalışmalarında önemli bir bitki haline gelebileceğini düşünmekteyiz (Babaoğlu ve ark., 2004). Bu amaçla aralarında tarımsal öneme sahip aksesyonların da yer aldığı ekstrem koşullara adaptasyon yeteneği yüksek olan bu bitkiye ait ekotiplerin bilgilerimiz dahilinde ilk defa moleküler genetik analizi sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri olan Randomly Amplified Polymorphic DNA (RAPD) analizleri ile bu çalışmada gerçekleştirilmiştir.

## MATERYAL VE METOT

B-hiperakümülatörü olduğunu belirlediğimiz *Gypsophila* bitkileri gününbirlik arazi taraması sonucunda Eskişehir ili Kırka ilçesi Bor Maden Yatağı'nda tespit edilmiş ve bu bitkiler canlı olarak laboratuvar ve seralar taşınmıştır. Bitkilerin *Gypsophila sphaerocephala* Fenzl ex Tchihat. türüne ait oldukları Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü öğretim üyesi sayın Doç. Dr. Hüseyin DURAL tarafından teşhis edilmiştir. 2002 ve 2003 yıllarında ayrı ayrı yapılan Eskişehir Kırka Bor Madeni Arazi taramalarımızda iki *Gypsophila* bitkisi laboratuvarlarımıza canlı olarak taşınmış ve bu bitkilerden de 4 adet bitki

farklı tarihlerde çalışma kapsamı içinde mikro-propagasyon yöntemi ile çoğaltılarak denemeye dahil edilmiştir. Ayrıca Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden (Menemen, İzmir) temin edilen TR 57697 (Gaziantep, Nizip'ten-Gaziantep yolu, yükseklik 570), TR 55598 (Antalya, Elmalı Söğüt-Kurugöl, yükseklik 1,350), TR 54460 (Kahramanmaraş, Maraş, Ahırdağ yolu, yükseklik 1,200) aksesyon numaralı ve Tuz gölü çevresinden getirilen *Gypsophila* örnekleri de araştırmaya dahil edilmiştir (Aynı türün farklı ekotipleridir).

Bitkilerin ağır metal biriktirme potansiyelleri dik-kate alındığından araziden alınıp seçilen bitki örneklerinin B içerikleri ile birlikte toprakları da ICP-AES yardımı ile element içerikleri bakımından analiz edilmiştir. Bitkiler büyütme dolabı ile serada çoğaltılmışlardır.

DNA izolasyonunda Nucleon phytopure (Scotlab), Amersham, DNA izolasyon kiti kullanılmıştır. DNA'ların konsantrasyonları 260 ve 280 nm spektro dalga boylarında biyofotometre yardımı ile okunmuş, ve konsantrasyonları da yine deiyonize su ile eşitlenmiştir. RAPD amplifikasyonları 13 adet 10-mer ile tüm örneklerde çalışılmıştır. Primerlerin DNA dizileri ve  $T_A$  dereceleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo1: RAPD Primerleri ve  $T_A$  Değerleri

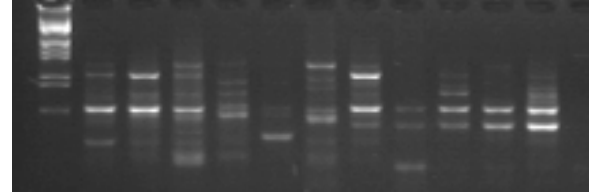
Primer	Sekans	$T_A$
cRAPD1	5'-GAAACGGGTG -3'	32
cRAPD2	5'-GTGACGTAGG -3'	32
cRAPD5	5'-GTGGAGTCAG -3'	32
cRAPD6	5'-CCGACAAACC -3'	32
cRAPD7	5'-GTGCGAGCAA -3'	32
cRAPD8	5'-GGGAACGTGT -3'	32
RAPDB3	5'-GAT GAC CGC C-3'	34
RAPDL2	5'- GTTTCGCTCC- 3'	32
RAPDL4	5'- AAGAGCCCGT- 3'	32
RAPDL5	5'- AACGCGCAAC-3'	32
RAPDB17	5'-GTCGTTCTTG -3'	32
RAPDB11	5'- CCTCTGACTG- 3'	32
RAPDB15	5'-ACCGTTCCAG- 3'	32

Reaksiyon koşulları olarak, 3 dakika 94°C ön ısıtmadan sonra 94°C'de 30 saniye, 32°C'de 1 dakika ve 72°C'de 2 dakikadan meydana gelen toplam 35 döngü olarak tasarlanmıştır. PCR ürünleri % 1.5'lük agaroz jelinde *ethidium bromide* boyama ile yürütülüp UV illüminasyonda görüntülenmiş ve görüntü elektronik ortamda saklanmıştır.

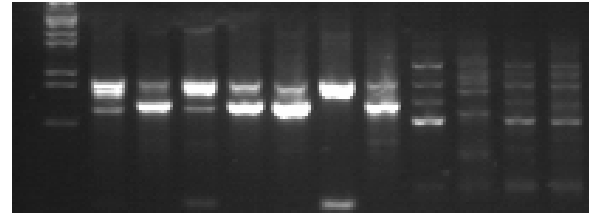
Bu markör sisteminde bantların çalışılan örneklerde bulunup bulunmadığı esas alınarak var yok durumuna göre 1 ve 0 olarak skorlama yapılmıştır. PCR sonucu skorlanan fragmanların NTSYS-pc programında analizleri yapılmış ve genetik benzerlik esasına göre programın SAHN clustering işleviyle örneklerin genetik ilişkilerinin bulunduğu dendogram üretilmiştir.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu araştırmada tercih edilen RAPD yöntemi lokus-spesifik primerlerin henüz tespit edilmediği türlerin akrabalık ilişkilerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan kolay uygulanabilir bir moleküler genetik analiz yöntemidir. Özellikle varyasyonun geniş olduğu tür içi ve türler arası çalışmalarda yüksek düzeyde polimorfizm gösterebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan *Gypsophila* genotiplerinde de bitkinin geniş adaptasyon kabiliyetine paralel olarak yüksek düzeyde polimorfizm görülmüştür (Şekil 1-2).

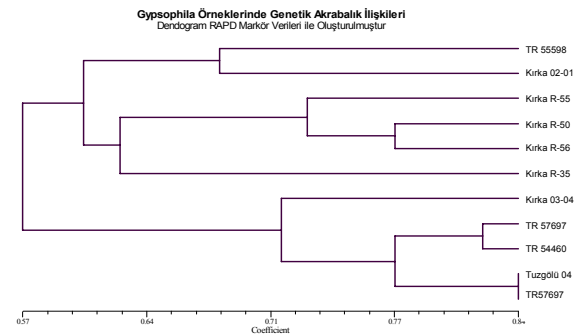


Şekil 1: RAPD L2 primeri ile amplifikasyon



Şekil 2: RAPD L5 primeri ile amplifikasyon

Toplam 13 adet RAPD primeri ile yapılan amplifikasyonlarda 123 adet fragman üretilmiştir. Yirmibeş primer ile başlanan çalışmalarda polimorfik band üreten bu 13 RAPD primerinin nükleotid dizileri ve PCR'da kalıp DNA'ya bağlanma sıcaklıkları ( $T_A$ ) Tablo 1'de yer almaktadır. Buna göre skorlamaların yapıldığı amplifikasyonlarda kullanılan primer başına 9.46 band ile yüksek düzeyde bir polimorfizm tespit edilmiştir. Skorlanan fragmanlar NEdit veri işleme programına aktarıldıktan sonra NTSYS-pc programı ile genetik ilişkilerine ait dendogram üretilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: *Gypsophila* örneklerinin genetik akrabalık ilişkileri

Bu dendograma göre bitkiler iki ana grupta toplanmıştır. Bu gruplardan ilkinde hiperakümülatör nitelik gösteren Kıрка 02-01 isimli Eskişehir Kıрка Bor İşletmesi sahasından elde etmiş olduğumuz *Gypsophila* bitkisi ile bitkinin laboratuvar koşullarında mikropropagasyonu sonucu farklı tarihlerde üretilen

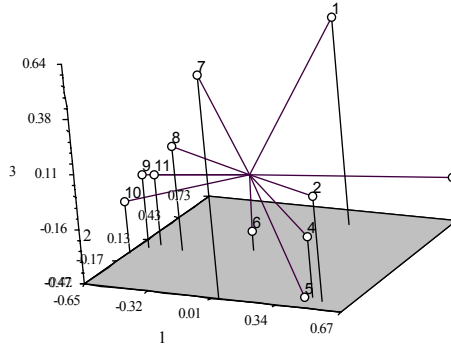
Kırka R-35, Kırka R-50, Kırka R-55 ve Kırka R-56 kodlu bitkilerinin yakın genetik ilişki içinde olduğu belirlenmiştir. Bu ilk dallanmadaki bitkilerden Kırka 02-01'in hiperakümülatör özelliğe sahip olduğu önceki çalışmalarımızda belirlenmiştir. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden (Menemen, İzmir) temin edilen *Gypsophila* aksesyonlarından TR-55598 kodlu bitkinin Kırka 02-01'e genetik olarak yakın bulunması bu aksesyonun da bor biriktirme potansiyelinde olabileceğine dair ipuçları vermektedir. Dendogram verilerine göre oluşan ikinci ana gruptaki bitki aksesyonlarından TR 54460 ve TR 57697 kodlu Menemen menşeyli bitkiler birbirine yakın genetik ilişki içinde yer almışlardır. Yine bu bitkilerle (özellikle de TR 57697 aksesyonundan ekilen ikinci bir tohumdan yetiştirilen bitkiyle) ilişkisi çok yakın olan Tuz gölü-04 aksesyonu aynı grupta yer almıştır. Bu grubun oluşturduğu alt dalın bir üstünde bulunan ve bu bitkilere hemen hemen eşit derecede bir uzaklıkta yer alan Kırka 03-04 aksesyonu Eskişehir Kırka Bor Maden İşletmesi sahasından temin edilen bu hiperakümülatör bitkinin de Menemen örnekleri ile bir başka ekstrem ortam olan ve tuz bakımından yoğun bir içeriğe sahip Tuz gölü civarındaki aksesyona olan yakınlığı bu bitkinin genetik potansiyelinde var olan biriktirme yeteneğinin bitkinin farklı ekotiplerinde de bulunabileceğinin bir göstergesidir. *Gypsophila* örneklerinde genetik yakınlığın daha iyi anlaşılabilmesi için bu veriler ayrıca PCoA analizine tabii tutulmuştur (Şekil 4). Sonuçlar dendogram verilerini destekler nitelikte olmakla birlikte doku kültürü yöntemiyle çoğaltılan bitkilerin genetik ayrımını daha net bir şekilde ortaya koymaktadır.

### TARTIŞMA

Türkiye dünyanın en zengin B maden alanlarına sahiptir. Eskişehir Kırka Bor İşletmesi alanı ise halen aktif olarak üretim yapılan geniş bir bölgedir. Bitki kuru ağırlıklarının en yüksek oranda B içeriğine sahip bitkisi olarak karşımıza çıkan *Gypsophila sphaerocephala* bu yüksek bor ortamında B'ü bünyesinde, özellikle de yapraklarında, biriktirerek hiperakümülatör bir bitki olma özelliğini göstermektedir. Zn, Pb, Cu, Mn gibi çeşitli elementleri biriktiren çok sayıda bitki literatürde tanımlanmış olmakla birlikte B biriktiren bitkiye rastlanmamıştır. Bu yönüyle bu çalışma orijinal ve bir ilk olma niteliğindedir. Hiperakümülatör bitkiler kirli alanların temizlenmesinde kullanılacak potansiyel temizleme araçları olarak düşünülmekte ve bu yönde birçok çalışma sürdürülmektedir. Bu yeni teknolojinin adı fitoremediasyon olup konvansiyonel yöntemlerle topraklardaki kirlenmeleri temizlemenin zorluğu ve yüksek maliyeti düşünülerek geliştirilmeye çalışılan uzun vadede kullanım potansiyeli yüksek bir inovatif teknolojidir. Halihazırda *Thlaspi* gibi birçok bitkinin element biriktirmelerine rağmen önemli dezavantajları bulunmaktadır. Mesela *Thlaspi* çok küçük bir bitki olması dolayısıyla tarıma uygun değildir. Bunun için yakın akraba türlere bu bitkinin potansiyelinin kazan-

dırılabilmesinin yolları aranmaktadır. Bu yönüyle *Gypsophila* uygun bir bitkidir. Ancak çok yıllık ve çok güçlü bir kök yapısına sahip bir bitki olması her ne kadar kökte biriktirme yapmıyor olsa da bir dezavantajdır. Doğal ortamı dışında tohum eldesi zor bir bitki olması da önemli bir diğer dezavantaj olmakta olup bu bitkinin tarla uygulamalarının önünü kapamaktadır. Bu nedenle bu yabancı bitki türünün bugün tarımı yapılabilen bazı akraba bitkileri ile olan genetik yakınlığı önem taşımaktadır. Bu çalışmamızda bor hiperakümülatör bir bitki olduğunu tespit ettiğimiz *Gypsophila*'nın bu niteliğini farklı bitki ekotiplerinde de gösterip göstermediğinin anlaşılabilmesi için aralarında Menemen Gen Bankası aksesyonlarının da bulunduğu farklı coğrafik bölgelere ait bitki örneklerinin genetik yönden karakterizasyonu yapılmıştır. Çalışmada Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen *Gypsophila* aksesyonlarına ve farklı bir stres ortamında yetişen bir *Gypsophila* aksesyonuna yer verilmesinin sebebi, bu cins ait bitkilerin farklı stres koşullarına sahip ortamlarda yetişen ekotiplerinin benzer tepkiler verip vermeyeceğinin anlaşılmasıdır. Sonuçlar bu cins ait bitkilerde farklı ortamlarda yetişen tür ve ekotiplerin benzer tepkiler verebileceği ve hiperakümülatör özelliğinin bu bitkilerde yaygın bir nitelik olabileceğini destekler niteliktedir.

Principle Coordinates Analysis (PCoA) of *Gypsophila* Samples  
Eigen vectors correspond to projections of objects



Şekil 3: *Gypsophila* örneklerinde PCoA Analizleri (1. TR 55598; 2. Kırka R-55; 3. Kırka 02-01; 4. Kırka R-50; 5. Kırka R-56; 6. Kırka 03-04; 7. Kırka R-35; 8. TR 57697; 9. Tuz gölü-04; 10. TR 54460; 11. TR 57697)

*Gypsophyllia*'nın Tuz gölü gibi farklı bir ekstrem ortamda da bulunması ve bunların da Anadolu'nun Doğu bölgelerine ait Menemen aksesyonları ile yakınlık göstermesi, bu bitkinin tuz ve bazı elementleri bünyesinde biriktirmesi yönünde çok ciddi bir adaptasyona sahip olduğunu göstermektedir.

**TEŞEKKÜR**

Bu çalışma YUUP-DPT (2004K120750), TÜBİTAK-KARİYER PLANLAMA (104O547) ve S.Ü. BAP (ZF2002/071) araştırma projeleri tarafından desteklenmiştir. Çalışmada kullanılan genetik materyalin bir bölümünün sağlanması dolayısıyla Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne (Menemen, İzmir), araziden toplanan genotiplerin teşhisindeki yardımlarından dolayı da sayın Doç.Dr. Hüseyin DURAL'a (S.Ü. Fen Fak., Biyoloji Böl.) teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- Agulhon H. 1910. Présence et utilité du bore chez les végétaux. *Annales De L'institut Pasteur*. 24: 321-329.
- Babaoglu, M., Gezgin, S., Topal, A., Sade, B., Dural, H. 2004. Gypsophila sphaerocephala Fenzl ex Tchihat.: A Boron Hyperaccumulator Plant Species That May Phytoremediate Soils with Toxic B Levels. *Turk. J. Bot.* 28: 273-278.
- Bellaloui, N., Brown, P.H. 1998. Cultivar differences in boron uptake and distribution in celery (*Apium graveolens*), tomato (*Lycopersicon esculentum*) and wheat (*Triticum aestivum*). *Plant and Soil* 198: 153-158.
- Brown, P.H., Shelp, B.J. 1997. Boron Mobility in Plants. Boron in Soils and Plants: Reviews. Kluwer Academic Publishers. Printed In The Netherlands. *Plant and Soil* 193: 85-101.
- Brown P.H., Hu, H.N. 1996. Phloem mobility of boron is species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species, *Annals Of Botany* 77 (5): 497-505.
- El-Motaium, R., Hu, H. and Brown, P. 1994. The relative tolerance of six *Prunus* rootstocks to boron and salinity. *J. Am. Soc. Hort Sci.* 119, 1169-1175.
- El-Shintinawy, F. 1999. Structural and functional damage caused by boron deficiency in sunflower leaves. *Photosynthetica* 36: 565-573.
- Gezgin, S., Hamurcu, M., Dursun, N., Ayalsi, Y., Nalcioglu, C. 1999. Konya Ovasında Şeker Pancarının Gübrelenmesi, Şeker Pancarı Tarım Tekniği. *I. Uluslar arası Sempozyumu* 5: 40 – 47.
- Grotz, N., Fox, T., Connolly, E.L., Park, W., Eide, D. 1998. Identification of a family of zinc transporter genes from *Arabidopsis* that respond to zinc deficiency. *Proc Natl Acad Sci. USA.* 95: 7220-7224.
- Hu, H. and Brown, P.H. 1997. Absorption of boron by plant roots. *Plant and Soil* 193: 49-58.
- Hulina, N. and Dumija, L. 1999. Ability of *Reynoutria japonica* Houtt (Polygonaceae) to Accumulate Heavy Metals. *Periodicum Biologorum* 101: 233-235.
- Jefferies, C., Aitken, A., McLean, N., Macdonald, K. and McKissock, G. 1999. Assessing the performance of urban BMPs in Scotland. *Water Science and Technology* 39(12): 123-131.
- Jefferies, S.P., Pallotta, M.A., Paul, J.G., Karakousis, A., Kretschmer, J.M., Manning, S., Islam, A.K.M.R., Langridge, P. and Chalmers, K.J. 2000. Mapping and validation of chromosome regions conferring boron toxicity tolerance in wheat (*Triticum aestivum*). *Theoretical and Applied Genetics* 101: 767-777.
- Pence, N.S., Larsen, P.B., Ebbs, S.V., Lethan, D.L.D., Lasat, M.M., Garvin, D.F., Eide, D. and Kochian, L.V. 2000. The molecular physiology of heavy metal transport in the Zn/Cd hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Proc. Natl. Acad Sci. USA.* 97: 4956-4960.
- Rout, G.R., Samantaray, S., Das, P. 1999. *In vitro* selection and biochemical characterisation of zinc and manganese adapted callus lines in *Brassica* spp. *Plant Science* 146(2): 89-100.
- Santandrea, G., Pandolfini, T. and Bennici, A. 2000. A physiological characterization of Mn-tolerant tobacco plants selected by in vitro culture. *Plant Science* 150(2): 163-170.
- Shelp, G.S., Chesworth, W. and Spiers, G.. 1996. The amelioration of acid mine drainage by an in situ electrochemical method; part 2: employing aluminium and zinc as sacrificial anodes. *Applied Geochemistry* 11(3): 425-432.
- Takano, J., Noguchi, K., Yasumori, M., Kobayashi, M., Gajdos, Z., Miwa, K., Hayashi, H., Yoneyama, T., Fujiwara, T. 2002. Arabidopsis boron transporter for xylem loading, *Nature* 420(6913): 337-340.
- Warrington, K. 1923. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants, *Ann. Bot.* 37:629-72.