

Erzincan'da Hava Kirliliğine Bağlı Olarak Sarı Çamlarda (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven.) Ağır Metal Birikimi

Güven KARAKOYUN^{1*}, Etem OSMA²

¹Kemah Necatibey Ortaokulu Kemah, Erzincan, Türkiye

²Erzincan Üniversitesi Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Bölümü, Erzincan, Türkiye

Geliş tarihi/Received 26.01.2015

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 07.04.2015

Kabul tarihi/Accepted 05.05.2015

Özet

Bu çalışma ile Erzincan İli Şehir merkezinde 5 farklı bölge (İstasyon, Aşağı Çarşı, Buğday Meydanı, Şehir Merkezi, Park) ve kontrol bölgesi (Mecidiye Köyü Mesire Alanı) olmak üzere altı farklı bölgeden sarıçam (Pinus sylvestris L. var. hamata Steven) bitkisinden kabuk, dal ve aynı bölgelerden toprak örnekleri toplanarak (Ni, Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Cr) ağır metallerin birikimi araştırılmıştır. Toplanan bitki ve toprak örnekleri laboratuvarında ön işlemlerden geçirildikten sonra ağır metal konsantrasyonları analiz edilmiştir. Şehir merkezi ve kontrol bölgelerinden elde edilen veriler istatistiksel olarak karşılaştırılarak bölgeler arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. Bölgeler arasında genel bir değerlendirme yaptığımızda ise istasyon ve aşağı çarşı bölgelerinden toplanan örneklerdeki ağır metal konsantrasyonunun diğer bölgelere göre daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Erzincan, hava kirliliği, *Pinus sylvestris*

Accumulation of Heavy Metals in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven.) Depending on Air Pollution in Erzincan

Abstract

*With this study, heavy metals (Ni, Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Cr) accumulation was calculated collecting shell, branch, and soil samples of the scots pine plant (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven.) in six different localities including five different regions (Station, Aşağı Çarşı, Buğday Meydanı, City Centre, Park) and one control region (Mecidiye Village) from the centrum of Erzincan province. Collected plant and soil samples were exposed to a pre-treatment in laboratory, and then their heavy metal concentrations were analysed. The data obtained from the centrum and control localities were compared with each other, and the differences between them were determined. Moreover, obtained results were also compared with heavy metal limit values for soils and plants. When analysed in general, it was determined that heavy metal concentration in samples collected from Station and Aşağı Çarşı localities were higher than the other localities.*

Keywords: Heavy metals, Erzincan, air pollution, *Pinus sylvestris*

* Güven KARAKOYUN, gkkbiyolog@hotmail.com, Tel: (0446) 511 32 94

1. Giriş

Çevre kirliliği, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen, cansız çevre öğeleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin; hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayıdır. Çevre kirlenmesi, ekosistemlerin doğal dengesini bozan ve daha çok antropojenik kaynaklı ekolojik zararlardır. Günümüzde sanayileşme ve kentleşmenin hızla artması ve insanların doğal kaynakları bilinçsiz bir şekilde kullanması çevre kirliliğinin gittikçe artmasına neden olmaktadır (Bayar, 2009).

Çevre kirliliğine sebep olan ve ciddi boyutlarda tehlike oluşturan etmenlerin başında, ağır metaller gelmektedir. Toprak, su ve havada değişik oranlarda bulunabilen bu ağır metaller (Pb, Zn, Cu, Cr, Co, Cd, V v.b.) belirli konsantrasyonun üzerinde kirliliğe yol açarlar ve günümüzde çevre kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri olarak kabul edilirler. Ağır metallerin çevrede yaygın bir şekilde birikmesi, tüm canlılar için boyutları giderek artan bir tehlike oluşturmaktadır (Zengin ve Munzuroğlu, 2003).

Havanın metallerle kirlenmesinde ise en önemli faktör, fosil kaynaklı yakıtların kullanılmasıdır. Katı ve sıvı yakıtların içerdiği As, Se, Pb ve Cd gibi metaller baca ve egzoz gazları ile havaya karışmaktadır. Ayrıca metal endüstrisinde metal filizlerinin kavrulması sırasında ortama salınan baca gazları ve tozlar hava kirliliğine neden olan önemli faktörleri oluşturmaktadır.

1950'li yıllardan sonra sanayi faaliyetlerinin gelişmesiyle dünya gündeminde bir sorun olarak yerini alan ve günümüze kadar artarak devam eden 'hava kirliliği' tüm canlıların yaşam alanını ve sağlığını tehdit eder durumdadır. Özellikle 2000'li yılların başına kadar ülkemizdeki hava kirliliğinin temel nedenlerinin başında trafik kökenli kirlenme gelmiştir (Bayçu vd., 2006). Araçların egzozlarından

çevreye yayılan kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve cıva (Hg) gibi ağır metaller gerek insanlar gerekse bitki ve hayvanlar üzerinde olumsuz etkiler yapabilmektedir (Çavuşoğlu vd., 2005).

Bu çalışma ile: Kontrol ve şehir merkezinde belirlenen bölgelerden toplanan toprak ile sarıçamla ait kabuk ve dal kısımlarında ağır metal konsantrasyonunu belirlemek. Kontrol ve şehir merkezlerinde belirlenen bölgelerden toplanan bitki ve toprak örneklerinde her bir metal için yapılan istatistiksel değerlendirmeler ile bölgeler arasındaki farklılıkları tespit etmek. Elde edilen veriler ışığında, ilimizin hava kirliliği yönünden durumunu tespit etmek. Sarıçamların biomonitor özelliklerini belirlemek gibi konular amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Erzincan şehir merkezindeki 5 farklı bölgeden (İstasyon, Aşağı Çarşı, Buğday Meydanı, Şehir Merkezi, Park) ve kontrol bölgesinden (Mecidiye Köyü Mesire Alanı) yeteri kadar toplanan örnekler laboratuvar ortamına getirilmiştir. Toprak ve bitki örnekleri alınırken, buldukları istasyonun bölgesi not edilerek ayrı ayrı poşetlere konmuştur. Alınan örnekler analiz çalışmalarında önce birkaç aşamadan geçirilmiştir. Öncelikle her bölgeden toplanan kabuk dal örnekleri bölgelerine göre ayırarak isim verilmiş ve etüvde 80 °C'de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnekler havanda dövülerek toz haline getirilmiştir. Her örnekten sonra havan etil alkol ile yıkanarak kontaminasyon engellenmiş olup, toz haline getirilmiş örnekler ayrı poşetlere koyularak isimlendirilip saklanmıştır.

Toprak numuneleri ise, her bölgeden yüzeyinden itibaren döküntü temizlendikten sonra 10 cm'lik bölgeden, çapa kullanılarak ve kontaminasyonlardan korunarak yaklaşık 500 g olarak alınıp poşetlere konularak isimlendirilmişlerdir. Laboratuvar ortamına getirilen toprak

örnekleri yere serilip havalandırılarak iyice kurutulmuş ve hava kurusu haline getirilmiştir. Toprak örneklerini kontaminasyona karşı koruyabilmek için tekrar poşetlere konularak üzerlerine toplandıkları bölgelerin isimleri yazılmıştır.

Bitki örneklerinden 0.5 g tartılarak teflon hücrelere konularak, mikrodalga fırında örnekler içine 10 mL % 65'lik HNO₃ ilave edildikten sonra Nowave SA (Kanada) mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 20 dakika yakılmıştır. Hücreler mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Hücreler içerisindeki örnekler, deiyonize su ile üzerleri 50 mL'ye tamamlanmıştır. Filtre kağıdından süzöldükten sonra Spectro blue marka ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur (Anonim, 2015; Osmo, 2013).

Toprak örnekleri de 0.5 g tartılarak teflon hücrelere konularak, mikrodalga fırında örnekler içine 9 mL % 65'lik HNO₃ ve 3 ml HCl eklenmiştir. Nowave SA (Kanada) mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 5 dakika yakılmıştır. Hücreler mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Hücreler içerisindeki örnekler, deiyonize su ile üzerleri 50 mL'ye tamamlanmıştır. Filtre kağıdından süzöldükten sonra Spectro blue marka ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur (Anonim, 2015; Osmo, 2013).

Yaptığımız çalışmanın sonucunda elde edilen veriler kullanılarak çeşitli analizler yapılmıştır. Ortalamaların istatistiksel karşılaştırılmasında $p \leq 0.05$ değeri anlamlı olarak değerlendirilmiştir. SPSS 19 Paket İstatistik Programı ile %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda, farklılığın belirlenmesi için Tukey HSD ve Dunnett t (2-sided) testi kullanılmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda bölgeler arasındaki farklılıkların anlamlı olup olmadığı tespit edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler ile daha önce yapılan buna benzer çalışmaların sonuçları karşılaştırılarak Erzincan şehir merkezindeki bitki ve topraklardaki ağır metal birikiminin bitki için yüksek düzeyde olup olmadığı araştırılmıştır. Erzincan şehir merkezinde yetişen sarıçamalarda ve yetiştikleri topraklardaki ağır metal birikimini tespit etmeye yönelik yaptığımız bu çalışmada; özellikle şehrin aşağı kısımlarında yer alan İstasyon ve Aşağı Çarşı bölgelerinde kış aylarında yaşanan yoğun hava kirliliği sebebiyle bitki ve toprakta yoğun ağır metal birikiminin olduğu, hatta bazı elementlerde bitkide olması gereken değerlerden oldukça yüksek seviyelere ulaştığı görülmüştür. Elde ettiğimiz sonuçlar değerlendirildiğinde;

Toprakta:

Fe > Ni > Cr > Zn > Cu > Co > Pb

Kabukta:

Fe > Cu > Ni > Zn > Cr > Pb > Co

Dalda:

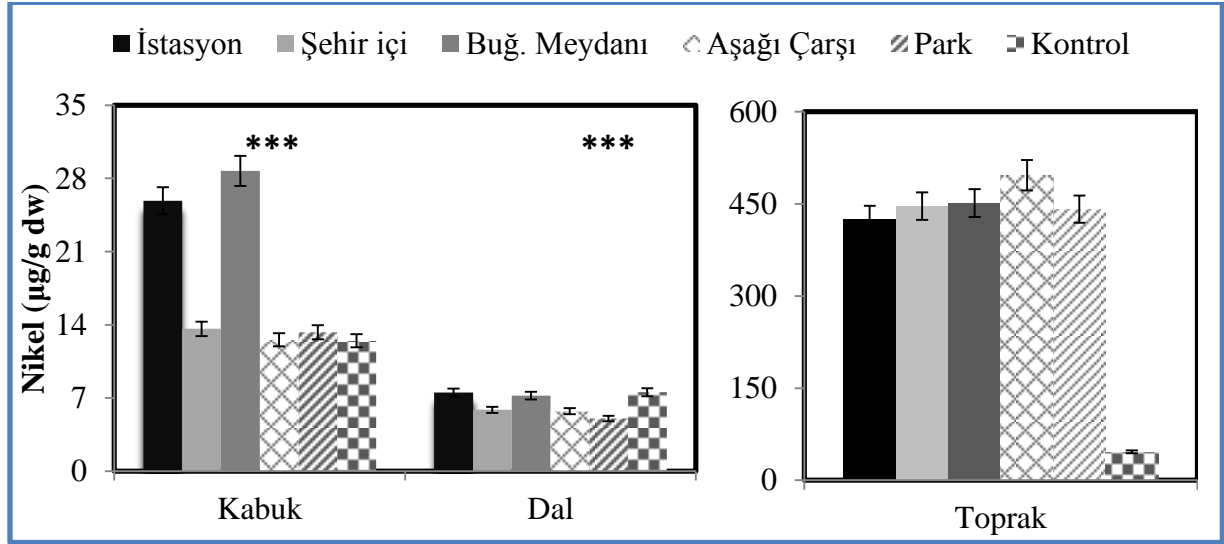
Fe > Cu > Zn > Ni > Cr > Pb > Co

Ağır metal konsantrasyonlarının şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

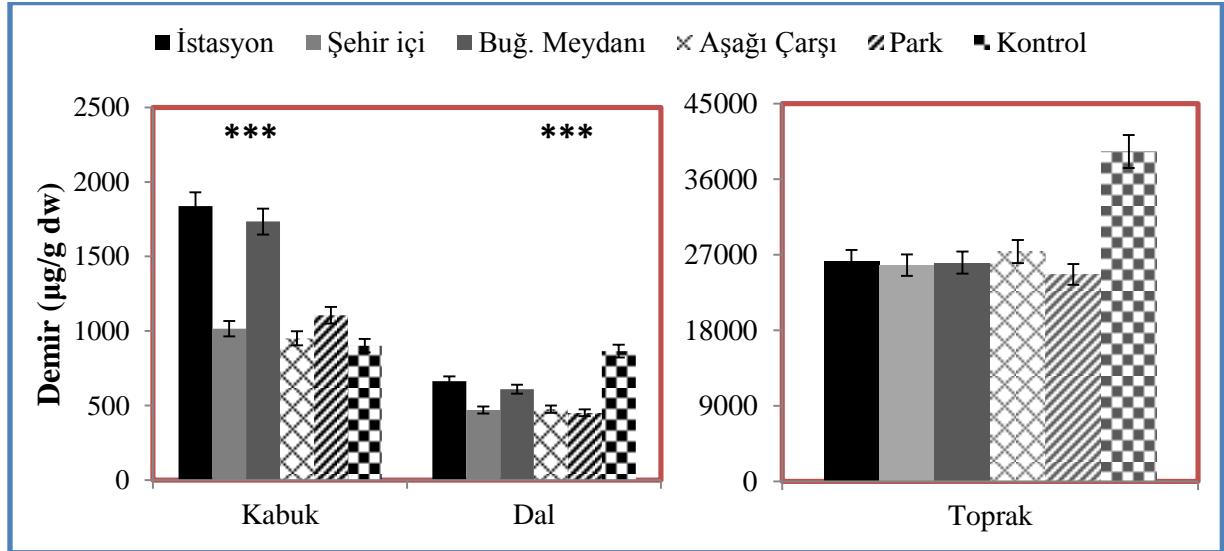
Elde edilen veriler ışığında toprakta Ni konsantrasyonunun şehir merkezinde özellikle aşağı çarşı bölgesinde kontrol bölgesine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitki kısımlarında da Ni konsantrasyonunun şehir merkezinde daha yoğun olduğu görülmüştür (Şekil 1). Toprakta Fe konsantrasyonunun kontrol bölgesinde daha yoğun olduğu ve bunun da toprağın yapısı ile ilgili olabileceği düşüncesindeyiz. Bitkinin kabuk kısmında Fe konsantrasyonu istasyon bölgesinde yüksek iken, dalda ise kontrol bölgesinde daha yüksektir (Şekil 2). Cu konsantrasyonu ise toprakta ve bitki kısımlarında kontrol bölgesinde daha

yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Zn konsantrasyonunun da Cu metal konsantrasyonu ile paralel olduğunu söyleyebiliriz (Şekil 4). Pb konsantrasyonunun buğday meydanı bölgesinde daha yoğun olduğu görülmüştür (Şekil 5). Co ve Cr metallerinin konsantrasyonlarının

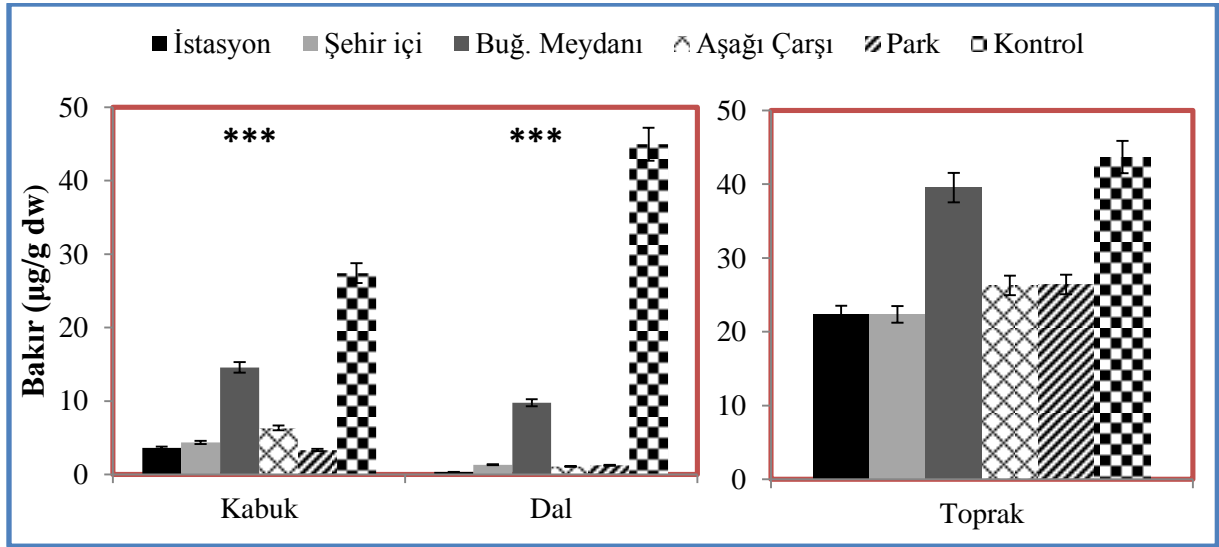
şehir merkezinde bulunan bölgelerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 6 ve 7). Elde edilen sonuçları istatistiksel olarak değerlendirdiğimizde bölgeler arasında güçlü yönde pozitif ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.



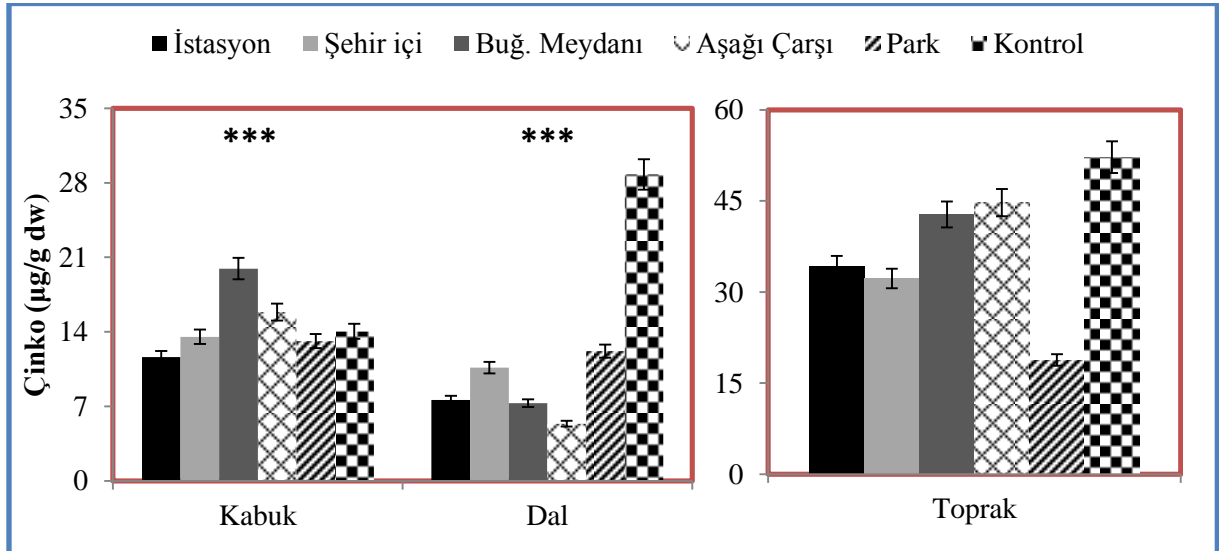
Şekil 1. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Nikel konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık)



Şekil 2. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Demir konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık)



Şekil 3. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Bakır konsantrasyonu (* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$ anlamlılık)



Şekil 4. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Çinko konsantrasyonu (* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$ anlamlılık)

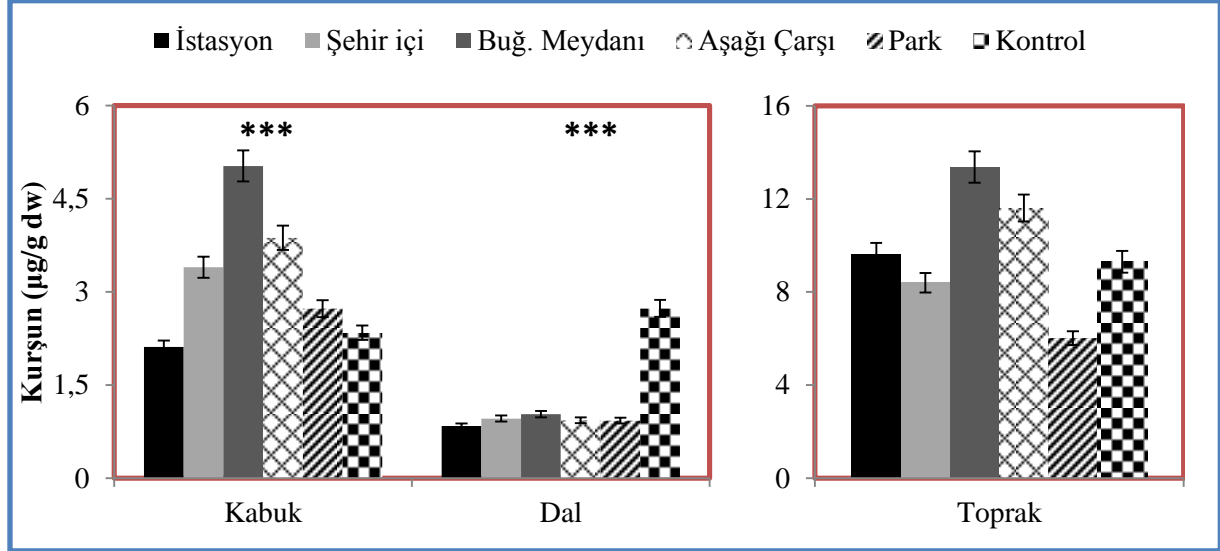
Çalıştığımız ağır metallerin gözlenebilir sınırları (LOD), Co; 0.002713 ppm, Cr; 0.002517 ppm, Cu; 0.002009 ppm, Fe; 0.001056 ppm, Ni; 0.004098 ppm, Pb; 0.017 ppm, Zn; 0.001566 ppm olarak tespit edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz verileri, yapılan diğer çalışmalar, toprakta ve bitkide bulunması gereken değerler ile kıyasladığımızda önemli sonuçlar elde edilmiştir.

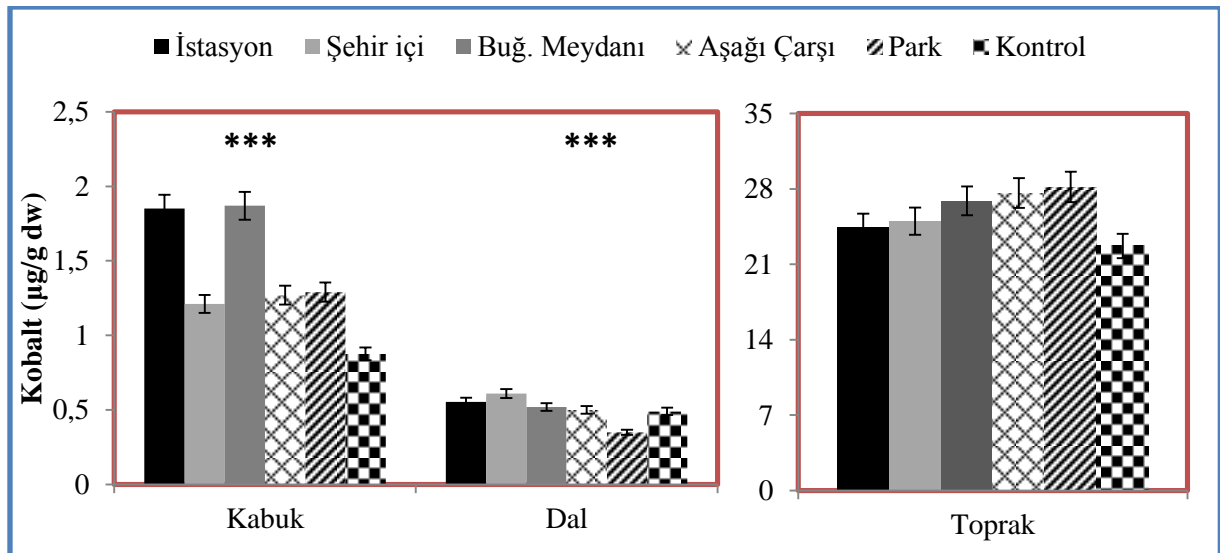
Çalışmamızda Ni konsantrasyonu, toprakta 46.2-496.61 µg/g dw, kabukta 12.47-28.73 µg/g dw, dalda 5.03-7.54 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki bitkilerde Ni konsantrasyonunu 41.1-266.6 µg/g dw aralığında; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki bitkilerde Ni konsantrasyonunu 0-1.13 µg/g dw; Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki sarıçamlarda Ni konsantrasyonunu 1.2-3.8 µg/g dw; Osma (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı

çalışmada bitkilerdeki ortalama Ni konsantrasyonunu 3.35-14.78 µg/g dw aralığında bulmuşlardır. Ross (1994), bitkilerdeki Ni konsantrasyonunun kritik sınır aralığının 10-100 µg/g dw; Kabata ve

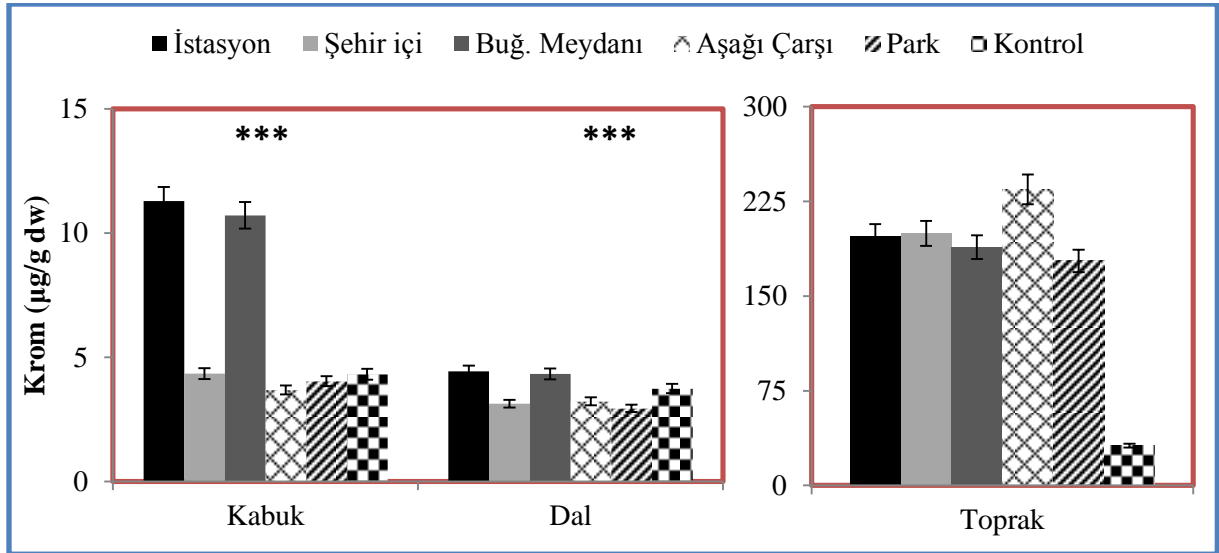
Pendias (2000), bitkilerdeki normal kabul edilen Ni konsantrasyon aralığını 0.1-5 µg/g dw olarak kabul etmişlerdir.



Şekil 5. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Kurşun konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık)



Şekil 6. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Kobalt konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık)



Şekil 7. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Krom konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık).

Toprakta bulduğumuz Ni değerleri, Ross (1994)' a göre kontrol bölgesi hariç toprak bünyesinde bulunması gereken Ni konsantrasyonundan oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Yine bitki kısımlarında da Ni konsantrasyonunun yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 1).

Yaptığımız çalışmada Fe konsantrasyonu, toprakta 24635.5-39281.6 µg/g dw, kabukta 901.44-1838.70 µg/g dw, dalda 451.64-864.50 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Canözer vd. (1984)'nin yaptığı araştırma sonucunda bitkideki demir sınır değerlerini 60-140 µg/g dw olarak önermişlerdir. Ercişli (2007)'nin, Erzurum'da yaptığı bir çalışmada, *Rosa canina*'da Fe içeriği ortalama 27 µg/g dw olduğu tespit edilmiştir. Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki Sarıçam bitkisindeki Fe konsantrasyonunu 336.2-872.2 µg/g dw; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Fe konsantrasyonunu 4.1-242.5 µg/g dw aralığında bulmuşlardır.

Toprak örneklerinde elde ettiğimiz Fe değerleri, Kabata-Pendias (2000)' in sınır değerlerine göre yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Çalışmamızda hedef

bitkilerden topladığımız örneklerdeki Fe konsantrasyonu, bütün bölgelerde Canözer vd. (1984)'nin belirtmiş oldukları normal kabul ettiğimiz konsantrasyon aralığından çok daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Bölge olarak ise bitkideki en yüksek Fe konsantrasyonunun İstasyon bölgesinde çıkmıştır (Şekil 2).

Cu konsantrasyon verilerimize göre toprakta 22.37-43.67 µg/g dw, kabukta 3.54-27.42 µg/g dw, dalda 0.36-44.98 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki topraktaki Cu konsantrasyonunu 0-144.4 µg/g dw aralığında, Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Cu konsantrasyonunu 0.2-1.7 µg/g dw, Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki topraktaki Cu konsantrasyonunu 1.07-13.19 µg/g dw, Osma (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Cu konsantrasyonunu µg/g dw aralığında bulmuşlardır. Ross (1994), bitkilerdeki normal Cu konsantrasyon aralığının 60-125 µg/g dw; Alloway (1990)'a ise 2-250 µg/g dw olduğunu kabul etmişlerdir.

Kabata-Pendias ve Pendias (2000)'in yapmış olduğu araştırmalarda bazı

bitkilerin Cu konsantrasyonlarına büyük bir toleransı var olduğu ve dokularında çok yüksek miktarlarda bu metali biriktirebildiklerini belirlemişlerdir. Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Cu değerleri, Ross, (1994)'un sınır değerlerine göre normal değerlerde çıkmış olup toprakta olması gereken düzeyde olduğu görülmüştür. Bölge olarak ise hem bitkideki hem de topraktaki en yüksek Cu konsantrasyonunun kontrol bölgesinde olması da dikkat çekici bir durumdur (Şekil 3).

Zn konsantrasyonu, toprakta 18.82-52.19 µg/g dw, kabukta 11.63-19.94 µg/g dw, dalda 5.37-28.78 µg/g dw olarak belirlenmiştir. Özbek vd. (1995)'nin bitkilerdeki Zn konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, normal bitkilerdeki Zn konsantrasyonunun 5-100 µg/g dw arasında olduğunu bildirmişlerdir Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada; Zn miktarlarının elma örneklerinde µg/g dw, ceviz örneklerinde 668-1283µg/g dw, üzüm örneklerinde ise µg/g dw arasında değiştiğini bildirmiştir (Kaya, 2010). Ercişli (2007) 'nin Erzurum'da yaptığı bir çalışmada, Rosa canina'da Zn seviyesi 30 µg/g dw olarak tespit etmiştir. Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki Sarıçam bitkisindeki Zn konsantrasyonunu 29.75-51.43 µg/g dw, Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Zn konsantrasyonunu 0.56-32.74 µg/g dw, Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki bitkilerde Zn konsantrasyonunu 184.3-884.5 µg/g dw aralığında tespit etmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Zn değerleri, Ross, (1994)'un sınır değerlerine göre daha düşük değerlerde çıkmıştır. Bölge olarak ise hem bitkideki hem de topraktaki en yüksek Zn konsantrasyonunun kontrol bölgesinde görülmüştür (Sekil 4).

Yaptığımız çalışmada Pb konsantrasyonu, toprakta 6.02-13.37 µg/g dw, kabukta 2.11-5.03 µg/g dw, dalda 0.84-2.73 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Kurşun elementi bitkiler için mutlak gerekli olmayıp, toprakta toplam 15-40 µg/g dw arasında bulunur, topraktaki toplam kurşun konsantrasyonu 150 µg/g dw aşmadığı sürece insan ve bitki sağlığı açısından tehlike oluşturmaz. Ancak 300 µg/g dw aştığında potansiyel olarak insan sağlığı açısından tehlikelidir (Dürüst vd., 2004). Normal koşullarda kirlenmemiş toprakların toplam Pb içeriklerinin 10-20 µg/g dw (Alt vd., 1981) ve 2-300 µg/g dw (Alloway, 1990) olduğu bildirilmektedir. Kızılkaya vd. (1998) Samsun yöresi topraklarının toplam Pb içeriğinin 22.82-80.20 µg/g dw arasında değiştiğini bildirmişlerdir Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-60 µg/g dw aralığında, Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-761.3 µg/g dw, Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-2.26 µg/g dw olarak tespit etmişlerdir.

Kabata-Pendias (2000), bitkilerdeki normal Pb konsantrasyon aralığının 5-10 µg/g dw olduğunu kabul etmiştir. Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Pb değerleri, Kabata-Pendias (1992)'in sınır değerlerine göre normal değerlerde çıkmıştır (Sekil 5).

Çalışmamızda Co konsantrasyonu, toprakta 22.70-28.18 µg/g dw, kabukta 0.88-1.87 µg/g dw, dalda 0.35-0.61 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Alloway (1990) topraklarda normal Co sınırının 0.5-65 µg/g dw arasında olduğunu bildirmiştir. Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki topraktaki Co konsantrasyonunu 0.3-102,5 µg/g dw aralığında, Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Co konsantrasyonunu 1.40-38.6 µg/g dw aralığında bulmuşlardır. Alloway (1990), topraktaki normal Co konsantrasyon

aralığının 0.5-65 µg/g dw olduğunu kabul etmiştir.

Allen (1989) bitkisel organizmalarda Co değerlerinin 0.1 ile 0.6 µg/g dw arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada, Co miktarlarını elma örneklerinde 0-2.05 µg/g dw, ceviz örneklerinde 0-3.49 µg/g dw, üzüm örneklerinde ise 0-3.94 µg/g dw arasında değiştiğini bildirmiştir (Kaya, 2010). Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki bitkilerde Co konsantrasyonunu 0-7.1 µg/g dw aralığında bulmuşlardır.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Co değerleri, Alloway (1990)'ın sınır değerlerine göre normal değerlerde çıkmıştır. Çalışmamızda hedef bitkilerden topladığımız örneklerdeki Co konsantrasyonu, bazı bölgelerde azda olsa Allen (1989)'ın belirttiği normal değerlerden yüksek çıksa da genel olarak bütün bölgelerde bitkide olması gereken değerlerde olduğu görülmüştür. Bölge olarak ise bitkideki en yüksek Co konsantrasyonu trafiğin yoğun olduğu Park bölgesinde; topraktaki en yüksek Co konsantrasyonu ise Aşağı Çarşı bölgesinde görülmüştür (Sekil 6.).

Yaptığımız çalışmada Cr konsantrasyonu, toprakta 31.53-234.57 µg/g dw, kabukta 3.69-11.28 µg/g dw, dalda 2.94-4.43 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Osmalı (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Cr konsantrasyonunu 10.14-22.02 µg/g dw; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Cr konsantrasyonunu 0-3 µg/g dw aralığında bulmuşlardır. Özbek vd. (1995), topraktaki normal Cr konsantrasyon aralığının 5-100 µg/g dw olduğunu kabul etmiştir.

Özbek vd. (1995), bitkide kuru maddede 100 µg/g dw, krom bulunmasının birçok yüksek bitki için toksik etkili olduğu

bildirilmiştir. Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada, Cr miktarlarının elma örneklerinde 11.87–28.74 µg/g dw, ceviz örneklerinde 20.13–34.60 µg/g dw, üzüm örneklerinde ise 13.76–27.60 µg/g dw arasında değiştiğini bildirmiştir (Kaya, 2010). Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Cr konsantrasyonunu 0.1-2.9 µg/g dw, Osmalı (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada bitkilerdeki ortalama Cr konsantrasyonunu 3.96-15,94 µg/g dw aralığında bulmuşlardır.

Çalışmamızda topladığımız örneklerdeki Cr konsantrasyonu, Ross (1994)'un belirttiği sınır değerlere göre normal olup bütün bölgelerde olumsuz bir etki yaratabilecek düzeyde olmadığı görülmüştür. Bitkinin bölge olarak ise bitkideki en yüksek Cr konsantrasyonu İstasyon bölgesinde; topraktaki en yüksek Cr konsantrasyonu ise Aşağı Çarşı bölgesinde görülmüştür. Bitkideki bütün değerler içerisinde ise en yüksek Cr konsantrasyonunun ise İstasyon bölgesinden toplanan bitkilerin kabuklarında olduğu gözlemlenmiştir (Sekil 7).

4. Sonuçlar

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda; kontrol bölgesi ile diğer bölgeler arasında istatistiksel olarak da önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bitki kısımlarında ve toprakta ağır metal birikiminin kontrol bölgesine göre şehir merkezinde daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılığın şehir merkezinde araç trafik yoğunluğunun fazla olması ve bazı bölgelerde katı yakıtların kullanılmasından dolayı olabileceği düşüncesindeyiz. Bunun yanında Erzincan'da kirli havanın özellikle şehrin aşağı kısımlarında birikmesinin en büyük sebebinin inversiyon etkisinden kaynaklanabileceği kanısındayız. Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda elde ettiğimiz verilere ve sarıçam ile ilgili

yapılan diğer çalışmalara bakıldığında sarıçamın iyi bir biomonitör bitki özelliğine sahip olabileceği düşüncesindeyiz.

Teşekkür

Bu çalışma, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans tezi olarak yayınlanmış olup, Erzincan Üniversitesi BAP (FEN-C-YLP-220114-0061) No'lu proje kapsamında çalışılmıştır.

Kaynaklar

Anonim, 2015, <http://www.epa.gov/solid-waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3052.pdf>

Allen, S.E., 1989. Chemical Analyses of Ecological Material, second ed, Blackwell Scientific Publications, London. 81-159.

Alloway, B., 1990. Heavy Metals in Soils, Blackie and Sou Ltd., Glasgow and London. 40-81.

Alt, D., Sacher, B. ve Radike, K., 1981. "Ergebnis Einer Erhebungssuntersuchungund Schwermetallbelastung Von Gemüsebaulich Genutzten Parzellen in Kleingärten, Landwirtschaft, Forsch", Soderheft, 38: 682-692.

Bayar, E., 2009. Erzurum Şehir Merkezindeki Bazı Kavşaklarda Bitki (Sarıçam, Pinus sylvestris L. var. hamata Steven) ve Toprakların Ağır Metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb ve Ni) Kontaminasyon Durumunun Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Erzurum. 1, 29-59s.

Baycu, G., Tolunay, D., Özden, H., Günebakan S., 2006. Ecophysiological and Seasonal Variations in Cd, Pb, Zn and Ni

Concentrations in the Leaves of Urban Deciduous Trees in İstanbul, Environmental Pollution, 143, 545-554.

Canözer, Ö., H. Fırıncı, M. Çakır, N. Özilbey, G. Püskülcü, N. Kılınç, Ü. ve Dikmelik, A. A., 1984. Ege Bölgesi Önemli Kiraz Çeşitlerinin Bitki Besin Element Durumları Ve Toprak Bitki İlişkileri, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Bornova, İzmir, 74s.

Çavuşoğlu, K., 2005. Cupressus Sempervirens L. ve Cedrus libani A. Rich. Yapraklarında Taşıtların Sebebi Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2), 37-56.

Çilali, E., 2012. Amasya-Tokat Karayolu Çevresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunda (Rosa Spp) Mesafeye Bağlı Olarak Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat. 18-35s.

Demirezen D., Aksoy A., 2006. A. Heavy Metal Levels In Vegetables In Turkey Are Within Safe Limits For Cu, Zn, Ni And Exceeded For Cd and Pb. Journal of Food Quality, 29, 252-265.

Dürüst, N., Dürüst, Y., Tuğrul, D., Zengin, M., 2004. Heavy Metal Contents of Pinus radiata Trees of İzmit, Asian Journal of Chemistry, 2(16), 1129-1134.

El-Bassam, N. and Tietjen, C., 1977. Municipal Sludge As Organic Fertilizer With Special Reference To The Heavy Metals Constituents

- in Soil, Organic Matter Studies, Vol 2 IAEE, Vienna, 253s.
- Erçişli, S., 2007. Chemical Composition of Fruits in Some Rose (*Rosa spp.*) species, Food Chemistry, 104, 1379-1384.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias H., 2000. Trace Elements in Soils and Plants. CRC. Press, London (1992), New York 215-349s.
- Kaya, B.B., 2010. Erciyes Strato Volkanından Püsküren Ana Materyaller Üzerinde Oluşmuş Topraklarda Yetiştirilen Meyvelerin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tokat, 8-19s.
- Keleş, C. T., 2007. Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 19-50s.
- Kızılkaya, R., Karaca ve Arcak, S., 1998. Samsun Yöresi Topraklarında Zn/Cd Oranı ve Bu Oran ile İz Element ve Ağır Metaller (Fe, Cu, Mn, Pb, Ni) Arasındaki İlişkiler, I. Ulusal Çinko Kongresi, Bildiriler Kitabı, 501-509s.
- Kovalskiy, V.V., 1974. Geochemical Environment Health and Diseases in Trace, ed: D.D. Hemphill, Subst. Environ. Health, Vol 8, University of Missouri, Colombia, 137s.
- Osma, E., 2009. İstanbul'da Yetişen Bazı Sebzelerde Ağır Metal Birikiminin Tesbiti, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, 50, 150-186s.
- Osma E., Serin M., Leblebici Z., Aksoy A., 2013. Assessment of Heavy Metal Accumulations (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn) in Vegetables and Soils. Polish Journal of Environmental Studies, 22 (5), 1449-1455.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H., 1995. Toprak Bilimi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana, 73s.
- Ross, S.M., 1994. Sources And Forms Of Potentially Toxic Metals In Soil-Plant Systems, Toxic Metals in Soil-Plant Systems, Wiley, England, 3-26s.
- Zengin, F.K. ve Munzuroğlu Ö., 2003. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris L.*) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Kadmiyum (Cd⁺⁺) ve Civa (Hg⁺⁺)'nın Etkileri, C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 24(1), 64-75.