

İstanbul'un Sahil Kesimlerinden Toplanan *Platanus orientalis* L. (Doğu Çınarı)'te Ağır Metal Birikimi

Serdal AKBAYIR¹ Etem OSMA^{2*} Tuğçe VAROL²

¹Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Erzincan, Türkiye.

²Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Erzincan, Türkiye.

¹<https://orcid.org/0000-0001-6884-200X>, ^{2*}<https://orcid.org/0000-0002-5250-8194>, ²<https://orcid.org/0000-0001-7027-462X>

Received date: 27.08.2019

Accepted date: 11.11.2019

Atf yapmak için: Akbayır, S., Osma, E. & Varol, T. (2019). İstanbul'un sahil kesimlerinden toplanan *Platanus orientalis* L. (Doğu Çınarı)'te ağır metal birikimi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 4(2), 393-400.

How to cite: Akbayır, S., Osma, E. & Varol, T. (2019). Accumulation of heavy metal in *Platanus orientalis* L. (Oriental Plane) collected from coastal areas in İstanbul. *Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 4(2), 393-400.

Öz: Bu çalışmada, dünyanın en kalabalık metropollerinden biri olan İstanbul'un Fatih, Beşiktaş, Kadıköy, Tuzla, Pendik ve Sarıyer ilçelerinin sahil kesimlerinden toplanan *P. orientalis* 'e ait kabuk, yaprak ile yetiştikleri toprak örneklerinde (Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Ni, Cr, Cd) ağır metallerin konsantrasyonu tespit edilmiştir. Çalışma ile ülkemizde nüfusun ve sanayileşmenin en fazla olduğu İstanbul ilinin ağır metal kirlilik düzeyinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bitki ve toprak örnekleri laboratuvarında bazı ön işlemlerden geçirildikten sonra ICP-MS'de ağır metallerin analizleri yapılmıştır. Farklı bölgelerden toplanan bitki kısımlarında ve toprakta elde edilen veriler SPSS İstatistik Paket Programında istatistiksel olarak değerlendirilerek bölgeler arasında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Yıkanmış ve yıkanmamış yapraklar arasında ağır metallerin konsantrasyonu bakımından farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde organize sanayi bölgesi ve tersane imalatının yapılmış olduğu Tuzla ilçesinde toplanan bitki kısımlarında Cr, Cu, Fe, Zn ve Ni ağır metallerinin konsantrasyonunun diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Son olarak kentlerde yaygın olarak yetişen çınar ağaçlarının ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde biyomonitör olabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar sözcükler: Ağır metal, biyomonitör, İstanbul, ICP-MS, *P. orientalis*.

Accumulation of Heavy Metal in *Platanus orientalis* L. (Oriental Plane) Collected from Coastal Areas in İstanbul

Abstract: In this study, heavy metal concentrations (Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Ni, Cr, Cd) were detected in the samples of bark, leaf and soil belonging to *P. orientalis* which were collected from coast sides of Fatih, Beşiktaş, Kadıköy, Tuzla, Pendik and Sarıyer district in İstanbul which is one of the most crowded metropol in the world. The aim of this study is to determine the level of heavy metal pollution in İstanbul that has the highest population and industrialization in our country. After plant and soil samples were preprocessed, the analyses of heavy metals were performed on ICP-MS. Data obtained from the parts of the plant and the soil collected from different districts was statistically evaluated on SPSS and it is detected that there are significant differences between the regions. It is also determined that there are differences between washed and unwashed leaves in terms of heavy metal concentrations. When the obtained data was examined, it is found that the concentration of Cr, Cu, Fe, Zn and Ni heavy metals were higher in the plant parts collected in Tuzla district where the organized industrial area and shipyard were produced. Consequently, it is decided that *P. orientalis* which commonly grows in cities can be a biomonitor to determine heavy metal contamination.

Keywords: Heavy metal, biomonitor, İstanbul, ICP-MS, *P. orientalis*.

GİRİŞ

Son yıllarda, özellikle 1950'li yıllardan itibaren nüfusun hızlı artışı ve buna paralel olarak gelişen endüstri ve kentleşme sonucunda çevre kirliliği dünya çapında ciddi boyutlara ulaşmış olup insanlığın en önemli problemleri arasında yerini almıştır (Wei & Yang, 2010; Liang vd., 2017; Sawidis vd., 2011). Çevre kirliliğine neden olan birçok kimyasal madde bulunmakla beraber canlılar ve ekosistem üzerinde tehlike oluşturan maddelerin başında, ağır metaller gelmektedir. Toprak, su ve havada farklı konsantrasyonlarda bulunabilen ağır metaller belirli konsantrasyonun üzerine ulaştığında kirlenmeye neden olmaktadır. Ağır metallerin ekosistemde yaygın bir şekilde artış göstermesi, tüm canlılar için potansiyel bir tehlike oluşturmaktadır. Ağır metaller özellikle fabrikalar, trafik, tarım ilaçları, baca gazları, evsel atıklar nükleer ve termik santraller, maden işletmeleri, aşırı gübreleme vs. gibi insanoğlunun faaliyetleri ile çevreye kolaylıkla yayılmaktadır. Toprak, su ve hava gibi ortamlarda önemli ölçüde birikebilen ağır metaller, dünya yüzeyindeki bütün organizmaların yaşamını tehdit eden önemli bir çevre problemi noktasına gelmiştir (Asri & Sönmez, 2006; Severoğlu vd., 2015; Yavuzer ve Osma, 2018; Çetin vd., 2018; Akarsu vd., 2019). Ağır metallerin canlılarda kanserojen, mutajen ve teratojen etkilerinin olabileceği öngörülmektedir. Bu kirlenmeye neden olan maddeler, çevrede kalıcı olup besin zinciri yoluyla bütün canlılara ulaşabilir ve toksisite özellikleri sayesinde canlılarda farklı sağlık sorunlarına neden olabilirler. Canlılar için gerekli olmayan ağır metaller (Cd, Pb, Hg) düşük konsantrasyonlarda bitkiler ve diğer canlılar için toksiktir, canlılar için gerekli olan ağır metaller belirli konsantrasyonların üzerine çıktığında canlılarda olumsuz etkileri olabilmektedir (Ali vd., 2019).

Ağır metal toksisitesi, metalden metale farklılık gösterebileceği gibi, organizmadan organizmaya da farklılık göstermektedir. Bitkilerin ağır metallere karşı gösterebileceği tepkiler bitki türüne, stres faktörüne, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organının yapısına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Gür vd., 2004; Asri ve Sönmez, 2006). Bu kimyasallar, bitkilerde ürün kayıpları, protein sentezi, fotosentez, solunum, yaprak ve dallarda klorozis ve nekrozis, şekil değişiklikleri, iyon alımı ve hücre membran stabilitesi gibi birçok metabolik faaliyetin bozulmasına neden olabilmektedir (Yıldırım vd., 2012; Ghori vd., 2019).

Günümüze kadar, çevresel kirliliğinin belirlenmesinde, geleneksel ve kimyasal analiz yöntemleri kullanılmıştır. Fakat bu yöntemler kirlenmeye neden olan maddelerin kontamine olduğu ortamlarda hayatına devam eden canlılar üzerinde etkileri hakkında fazla bilgi verememektedir. Son zamanlarda kirlenmeye neden olan maddelerin akümüle edebilme özelliğine sahip "biyomonitör" veya "biyoindikatör" canlılar üzerinde araştırmalar ciddi bir artış göstermiştir. Kirlenmeye neden olan maddelerin ekosistemde kalmayıp organizmalara geçerek canlılar

arasındaki besin zincirinde birikebilmektedir. Biyomonitör canlılar vasıtasıyla toksik maddelerin ekosistemdeki durumu takip edilebilmektedir (Taylan ve Özkoç, 2007; Topyıldız ve Arsan, 2014; Yavuzer & Osma, 2018).

Ekosistemlerin üreticisi olan ve yer değiştiremeyen bitkiler, çevre kirliliğinin izlenmesinde önemli yere sahip organizmalardır. Metal analizleri bitki kısımlarında kolaylık sağlamak ile beraber ekolojik araştırmalarda kullanılan alternatif yöntemlerdir (Aksoy vd., 2000; Swadis vd., 2011; Yavuzer & Osma, 2018). Özellikle uzun yaşama niteliğine sahip ağaçlar, kirliliğin indikatörü olarak bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Dmuchowski vd., 2013). Bitkiler ekosistemlere kontamine olmuş ağır metalleri bünyelerine alarak biriktirebilmesi ağır metal kirliliğinin tespit edilmesinde oldukça önemlidir (Shahid vd., 2017; Turkyılmaz vd., 2018). Bir metalin, bitkiler tarafından alınması onun toprakta var olduğunu gösterirken bazı durumlarda ise bitki besin elementlerinin yerüstü kısımlarında (yaprak, dal ve kabuklar) toprağa göre daha yüksek bulunabilmektedir. Biyomonitör bitkilere ait kısımlarda toksik maddelerin analizleri yapılarak metallerin su, toprak ve havada oluşturabileceği risk seviyesi belirlenebilmektedir (Baker vd., 2000; Topyıldız ve Arsan, 2014).

Günümüzde büyük şehirlerin karşı karşıya kalmış olduğu en önemli problemlerden biri kentsel kirlenmedir (Wei & Yang, 2010). Ayrıca, kentler kirlenmeye sürekli maruz kalması nedeniyle insanların sağlık ve yaşam kalitesi ciddi şekilde tehdit altına girmiştir (Cocozza vd., 2016). İstanbul, dünyanın en kalabalık ve en büyük kentlerinden biridir. Bu çalışma ile İstanbul'un sahil kesimlerinin ağır metal kirlilik boyutlarının tespit edilmesi, *Platanus orientalis*'in, ağır metal kirlenmesinin izlenmesinde kullanılacak bir biyomonitör bitki olup olmadığının yapılan diğer çalışmalarla kıyaslanarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

P. orientalis, 20-30 m'ye kadar yüksekliğe erişebilmektedir. Gövdesi ise yaklaşık 5-6 m çapında genişliğe sahip bir ağaç türüdür (Davis, 1965). İstanbul'da geniş yayılış gösteren *P. orientalis*'e ait kabuk, yaprak ile yetiştikleri topraklardan Kadıköy, Tuzla, Pendik, Fatih, Sarıyer, Beşiktaş ilçelerinin sahil kısımlarından yeterli miktarda örnekler toplanmıştır. Örnekler, üç farklı mevsim sonunda kirlenmeyi gözlemleyebilmek için 2018 yılının Eylül ayı içerisinde belirlenen lokalitelerden toplanarak teşhisi yapılmıştır. Bitkinin örnekleme yapılırken ağaçların yaşları ile morfolojik özelliklerine dikkat edilerek çalışılan bölgeleri temsil edecek şekilde belirli aralıklarla en az 5 ağaçtan örnek toplanmıştır. Yapraklar, ağaçların aynı dal

seviyelerinden toplanırken ağaç kabukları ise bitkilere zarar vermeyecek şekilde el ile yeterli miktarda alınmıştır. Bitki ve toprak örnekleri toplandıkları bölgeden isimlendirmeleri yapılarak farklı poşetlere konulmuştur. Alman yaprak örnekleri iki kısma ayrılarak bir kısmı yıkanmış, bir kısmı yıkanmamıştır. Başlangıçta örnekler, etüvde 80°C'de 24 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan örnekler, havanda toz haline getirilerek 1.5 mm'lik elekten geçirilmiştir. Her örnekten sonra havan etil alkol ile yıkanarak örnekler kontaminasyona karşı engellenmiş olup toz haline getirilmiştir (Osma vd., 2014; Yavuzer & Osma, 2018). Toprak örnekleri, her bölgenin yüzeyinden itibaren döküntü kısımları temizlendikten sonra 10 cm'lik derinlikten çapa kullanılarak alınmıştır. Örnekler, kontaminasyonlardan korunacak şekilde yaklaşık 500 g civarında alınıp poşetlere konulmuştur. Laboratuvara getirilen toprak örnekleri hava kuru ile kurutulduktan sonra 1.5 mm'lik elek ile elenmiştir. Laboratuvarda kurutulup toz haline getirilen bitki ve toprak örneklerinden 0,5 g tartılmıştır ve mikrodalga kapları içine yerleştirilmiştir. Bitki numuneleri üzerine 6 mL HNO₃ %65, 2 mL H₂O₂ %30 eklenirken, toprak numuneleri üzerine 3 mL HNO₃ %65, 9 mL HCl %37 eklenmiştir. Örnekler, 10 dakika manyetik karıştırıcıda homojenize edilmiştir. Kaplar, mikrodalgaya yerleştirildikten sonra 15 dakika 45 bar basınç ile 200°C'ye kadar asit ortamda çözündürülme işlemi yapılmıştır. Kap içerisinde yakılmış olan numuneler balon jöjeye alınarak 50 mL'ye tamamlanmıştır. 50 mL' ye tamamlanmış olan numunelerden teflon filtre kullanılarak 10 mL çekilmiştir. Son olarak, ağır metal konsantrasyonlarını belirlemek için örnekler falkon tüplere yerleştirilmiştir ve ICP-MS'de metal konsantrasyonları tespit edilmiştir (Osma vd., 2014; Yavuzer & Osma, 2018). Çalışmada her element için CPI International Peak Performance certified referans materyal standardı ile Fe (1,05), Cu (2), Zn (1,6), Mn (0,5), Pb (17), Ni (4,1), Cr (2,5), Cd (0,7) LOD değerleri ve Pb (25), diğer metaller için 10 LOQ değerleri kullanılmıştır. Elde edilen veriler µg/g kuru ağırlık şeklinde verilmiştir.

ICP-MS cihazı sıvı ve katı numunelerde periyodik cetvelde yer alan birçok elementin doğru, hassas ve hızlı bir şekilde ölçülmesine yarayan analiz yöntemidir. ICP-MS cihazı sayesinde sıvı veya katı numunelerde 76 tane element eş zamanlı ve çok düşük konsantrasyonlarda (nanogram-pikogram/l) ölçümü yapılabilmektedir. ICP-MS, numunelerin yüksek sıcaklıkta plazma yardımıyla, genellikle argonun kullanılmasıyla moleküler bağların parçalandığı ve atomların iyonlaştırıldığı analitik bir yöntemdir. Numune, genelde bir solüsyon şeklinde örnek giriş sistemi vasıtasıyla nebulizöre ve sprej odacığına konulur. Bu kısımda yüksek hızda argon akışı ile numune solüsyonunu sisleştirilmesi gerçekleşir. Daha sonra 6000 K sıcaklıklarda plazma numenesi buharlaştırılır ve iyonize olur. İyon akışı yüksek vakumlu bir ortama geçer. Sonrasında iyon akımı iyon lensleri vasıtasıyla quadrupola odaklanarak kütle filtresine devam eder. İyonlar,

kütle spektrometrede kütle yük miktarına göre ayrılırlar ve detektör tarafından ölçümleri gerçekleşir (Anonim, 2019).

Yapılan çalışmada elde edilen sayısal veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ortalamaların istatistiksel hesaplanmasında ve karşılaştırılmasında p≤0.05 değeri anlamlı olarak dikkate alınmıştır. SPSS 22 Paket İstatistik Programı ile veriler, %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda bitkiye ait kısımlar ve toprak örneklerinin toplandığı lokaliteler arasındaki farklılığın tespiti için Dunnett testi kullanılmıştır (Yavuzer & Osma, 2018).

BULGULAR

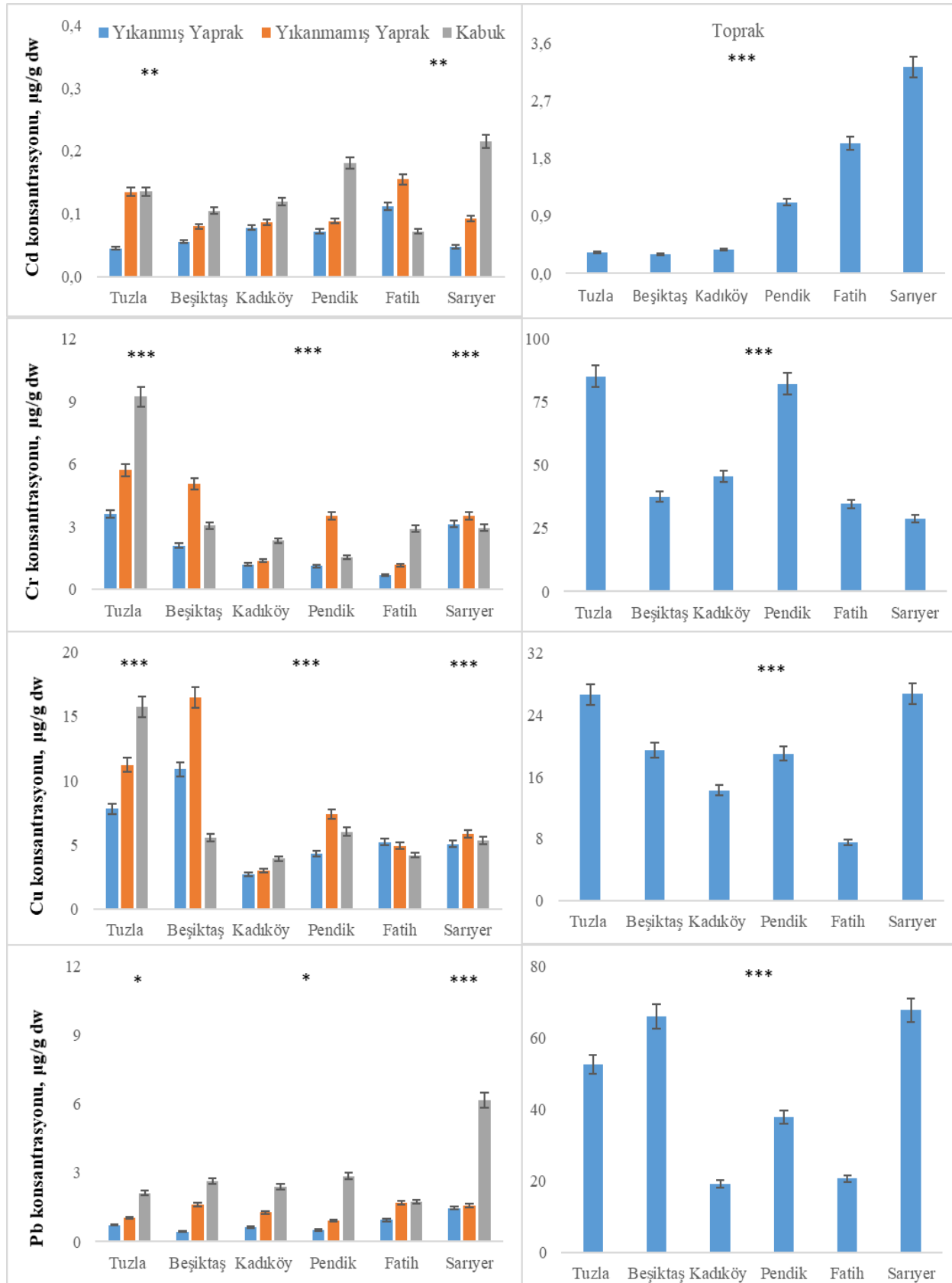
Yapılan çalışmada önemli sonuçlar elde edilmiştir. Cd ve Cr konsantrasyonu toprakta, Fe miktarı hem bitki kısımlarında hem de toprakta, Ni konsantrasyonu ise bitki kısımlarında yüksek olup olması gereken değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Diğer metaller ise normal sınırlar içerisinde. Elde edilen veriler incelendiğinde çalışılan bölgeler arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Toprakta Cd, Cu ve Pb konsantrasyonu en fazla Sarıyer'de, Ni, Zn ve Fe miktarı Pendik'te, Cr konsantrasyonu ise en fazla Tuzla bölgesinde tespit edilmiştir. Bitki kısımlarındaki veriler genel olarak incelendiğinde Cd ve Pb miktarı Sarıyer'de, Cr, Fe, Ni ve Pb konsantrasyonu Tuzla bölgesinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yıkanmamış yapraklarda elde edilen metal verileri, yıkanmış yapraklardan elde edilen verilerden genelde daha yüksektir. Yapılan istatistiksel değerlendirmelerde lokaliteler arasında anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür (Şekil 1, 2).

Cd konsantrasyon verileri incelendiğinde, toprakta 0,3±0,03 - 3,22±0,40 µg/g k.a., bitki kısımlarında ise 0,05±0,01 - 0,22±0,03 µg/g k.a. değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Cd konsantrasyonu, bitkinin kabuk kısmında daha fazla biriktiği görülmüştür. Cr konsantrasyonu toprakta 28,91±4,79 - 85,24±9,39 µg/g k.a., bitki kısımlarında ise 0,68±0,05 - 9,23±1 µg/g k.a. değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Cr konsantrasyonu, bitkinin kabuklarında daha yüksek biriktiği tespit edilmiştir. Cu konsantrasyonu toprakta 7,47±0,41 - 26,74±2,7 µg/g k.a., bitki kısımlarında ise 2,73±0,18 - 16,49±0,88 µg/g k.a. değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Pb konsantrasyonu, toprakta 19,16±0,47 - 67,65±0,94 µg/g k.a., bitki kısımlarında ise 0,51±0,13-6,16±0,36 µg/g k.a. değerleri arasındadır. Pb konsantrasyonu, bitkinin kabuk kısmında daha fazla biriktiği görülmüştür (Şekil 1).

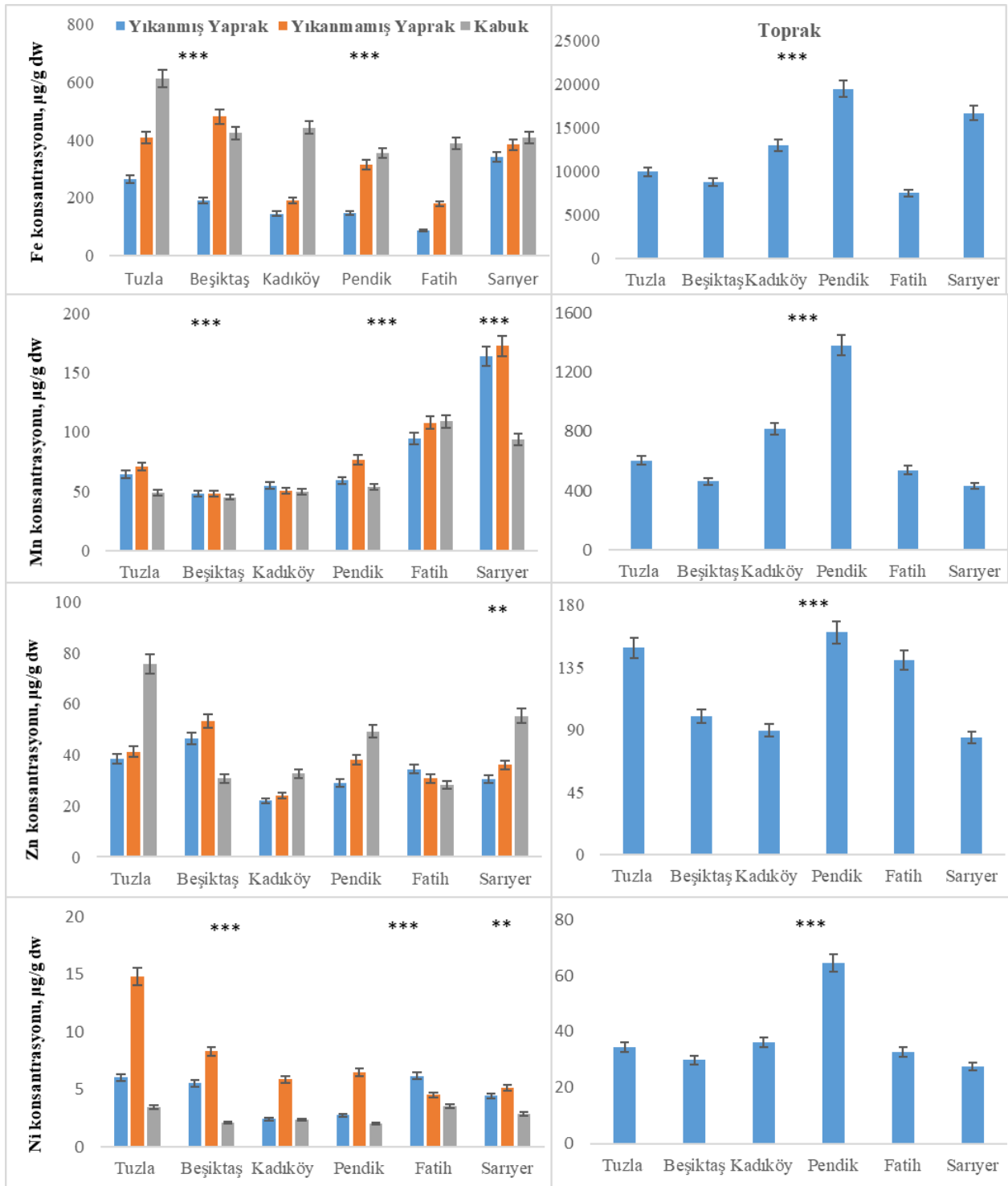
Fe konsantrasyonu, toprakta 7527,23±608,46 - 19451,14±1010,34 µg/g k.a., bitki kısımlarında ise 86,64±2,93 - 611,97±29,39 µg/g k.a. değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Fe konsantrasyonunun en yüksek birikimi bitkinin kabuklarındadır. Mn konsantrasyonu, toprakta 432,81±84,71 - 1382,45±104,51 µg/g k.a., bitki kısımlarında ise 44,88±3,44 - 172,28±3,05 µg/g k.a. değerleri

arasında olduğu tespit edilmiştir. Zn konsantrasyonu verileri incelendiğinde toprakta $84,46 \pm 13,20$ - $160,33 \pm 11,46$ $\mu\text{g/g}$ k.a., bitki kısımlarında ise $22 \pm 1,17$ - $75,59 \pm 7,72$ $\mu\text{g/g}$ k.a. değerleri arasında olup yüksek birikiminin bitkinin

kabuklarında olduğu görülmektedir. Ni konsantrasyonu, toprakta $27,46 \pm 2,17$ - $64,48 \pm 5,39$ $\mu\text{g/g}$ k.a., bitki kısımlarında ise $2,02 \pm 0,37$ - $14,78 \pm 2,3$ $\mu\text{g/g}$ k.a. değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. Farklı lokalitelerden toplanan *P. orientalis*'e ait kabuk, yaprak ve yetiştikleri topraklardaki Cd, Cr, Cu, Pb konsantrasyonu ($\mu\text{g/g}$ k.a.) (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık).



Şekil 2. Farklı lokalitelerden toplanan *P. orientalis*'e ait kabuk, yaprak ve yetiştikleri topraklardaki Fe, Mn, Zn, Ni konsantrasyonu ($\mu\text{g/g k.a.}$) (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Çin'de yaptıkları çalışmada 7 ağaç türünün yıkanmış yapraklarında Cu, Zn, Pb, Cd ağır metallerinin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Bu ağaç türlerinden biri *P. acerifolia* olup yıkanmış yapraklarda Cu ($6,37 \pm 4,27 \mu\text{g/g k.a.}$), Zn ($20,2 \pm 5,10 \mu\text{g/g k.a.}$), Pb ($0,85 \pm 0,48 \mu\text{g/g k.a.}$), Cd ($0,037 \pm 0,018 \mu\text{g/g k.a.}$) değerlerini tespit etmişlerdir. Elde ettikleri veriler ile bu çalışmada elde edilen veriler ile

örtüştüğü görülmüştür (Liang vd., 2017). Wang ve ark. (2003) Çin'de kirlenmenin görüldüğü farklı bölgelerde birçok bitkide ve yetiştikleri toprakta ağır metal birikimini araştırmışlardır. *P. acerifolia* bitkisinde Cr ($4,06 \mu\text{g/g k.a.}$), Cd ($2,07 \mu\text{g/g k.a.}$), Pb ($13,37 \mu\text{g/g k.a.}$) ağır metallere ait verileri tespit etmişlerdir. Araştırmalarında belirledikleri metal konsantrasyonlarının bu çalışmada elde edilen verilerden yüksek olduğu belirlenmiştir. İran'ın Mashhad kentinde yaptıkları çalışmada kent ve kırsal alandaki *P.*

orientalis L. ve yetiştikleri topraklarda ağır metal birikimini tespit etmişlerdir. Elde ettikleri veriler ile bu çalışmada elde edilen veriler kıyaslandığında toprakta Zn ($109,1 \pm 7,8 \mu\text{g/g}$ k.a.), Cu ($40,9 \pm 7,7 \mu\text{g/g}$ k.a.), Pb ($31,2 \pm 5,2 \mu\text{g/g}$ k.a.) paralel, Cr ($202,6 \pm 22,8 \mu\text{g/g}$ k.a.) ve Ni ($107,2 \pm 10 \mu\text{g/g}$ k.a.) konsantrasyonu yüksektir. Bitki yapraklarında ise Zn ($76,8 \pm 17,7 \mu\text{g/g}$ k.a.) yüksek, Pb ($4,5 \pm 1,9 \mu\text{g/g}$ k.a.), Ni ($4,4 \pm 1,3 \mu\text{g/g}$ k.a.), Cu ($14,5 \pm 3,4 \mu\text{g/g}$ k.a.) ve Cr ($2,4 \pm 0,7 \mu\text{g/g}$ k.a.) paralel olduğu görülmüştür (Pourkhabbaz vd., 2010). İstanbul'da yaptıkları çalışmada 10 farklı lokalitede 7 farklı ağaç türünde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde Cd ($0,22-0,3 \mu\text{g/g}$ k.a.), Pb ($7,95-12,82 \mu\text{g/g}$ k.a.), Zn ($24,24-28,60 \mu\text{g/g}$ k.a.), Ni ($2,21-2,26 \mu\text{g/g}$ k.a.) konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Elde ettikleri veriler, yapılan bu çalışmada elde edilen verilere göre Zn, Cd paralel, Pb yüksek, Ni düşük düzeydedir (Baycu vd., 2006). Özel vd. (2015) Bartın ve Karabük otoyolu arasında biri kontrol olmak üzere 21 lokaliteden *P. orientalis* L. örneklerinde Pb ($55,64 \pm 4,4 - 96,84 \pm 3,5 \mu\text{g/g}$ k.a.), Zn ($42,16 \pm 2,7 - 75,63 \pm 3,3 \mu\text{g/g}$ k.a.), Ni ($15,48 \pm 2,6 - 42,29 \pm 3,3 \mu\text{g/g}$ k.a.), Cu ($10,42 \pm 2,2 - 23,72 \pm 3,4 \mu\text{g/g}$ k.a.), Cr ($4,32 \pm 1,4 - 13,75 \pm 2,4 \mu\text{g/g}$ k.a.), Cd ($0,21 \pm 0,02 - 0,94 \pm 0,88 \mu\text{g/g}$ k.a.) en düşük ve en yüksek konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Elde ettikleri verilere göre Pb, Zn, Ni, Cu, Cr, Cd miktarları bu çalışmada elde edilen verilerden yüksektir. Khosropour vd. (2017) yaptıkları çalışmada İran'da urban ve kent dışı ormanlık alanda *P. orientalis* L yapraklarında ve yetiştikleri toprakta Pb, Zn, Ni, Cu, Cr, Cd konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Bitki yapraklarında Cd ($0,76 \mu\text{g/g}$ k.a.), Pb ($13 \mu\text{g/g}$ k.a.), Zn ($72,2 \mu\text{g/g}$ k.a.), Cu ($9,1 \mu\text{g/g}$ k.a.), Ni ($8,1 \mu\text{g/g}$ k.a.), Cr ($5,3 \mu\text{g/g}$ k.a.) olarak metal konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Elde ettikleri verilere göre Cr, Ni toprakta yüksek, diğer elementler paraleldir. Yapraklarda ise Pb ve Zn miktarı yüksek, Cd, Cu, Ni, Cr miktarları bu çalışmada elde edilen veriler ile paraleldir. Karaj şehrinde yaptıkları çalışmada *P. orientalis*, *R. pseudoacacia* ve *F. rotundifolia* ait yaprak, gövde ve toprakta Cd ve Pb konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Cd ($2,4 \pm 0,2 \mu\text{g/g}$ k.a.) ve Pb ($14,4 \pm 2 \mu\text{g/g}$ k.a.) verilerini yapraklarda tespit etmişlerdir. Elde ettikleri veriler incelendiğinde toprakta Pb düşük, Cd paralel iken, gövde ve yaprakta Cd ve Pb konsantrasyonları bu çalışmaya göre yüksektir (Monfared vd., 2013). Güney ve Kuzey Avrupa'da kontrol ve kirlenmiş lokaliteden toplamış oldukları *P. orientalis* L. ve *P. nigra* Arn. bitkilerine ait yaprak ve kabukta Cr, Cu, Fe ve Pb miktarını tespit etmişlerdir. Kontrol ve kirlenmiş bölgelerden *P. orientalis* yapraklarında Cr ($0,2-1,2 \mu\text{g/g}$ k.a.), Cu ($2,6-27,8 \mu\text{g/g}$ k.a.), Fe ($165,7-413,1 \mu\text{g/g}$ k.a.) ve Pb ($2,4-15,2 \mu\text{g/g}$ k.a.) verilerini elde etmişlerdir. Elde ettikleri veriler, bu çalışmadaki verilere göre yaprakta Fe, Cu paralel, Pb yüksek, Cr konsantrasyonu düşük olup, kabukta Cr, Fe konsantrasyonu düşük, Cu konsantrasyonu paralel, Pb miktarının ise yüksek olduğu görülmektedir (Sawidis vd., 2011). İsfahan (İran)'da yaptıkları çalışmada atmosfer

kirliliğine bağlı olarak 7 ay boyunca *P. orientalis* L. yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarında Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Mn haricindeki diğer metaller, bu çalışmada elde edilen verilere göre oldukça yüksektir (Norouzi vd., 2015a). İstanbul'da yol kenarı, kenar semt, kent içi olmak üzere 40 farklı lokaliteden topladıkları *C. australis* L. dal, kabuk ve yapraklarda Cd, Cu, Pb, Zn konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. çalışılan lokalitelerde en düşük ve en yüksek değerlerini Pb ($1,19-14,90 \mu\text{g/g}$ k.a.), Cd ($0,30-0,65 \mu\text{g/g}$ k.a.), Cu ($5,99-19,94 \mu\text{g/g}$ k.a.) ve Zn ($14,34-42,53 \mu\text{g/g}$ k.a.) olarak tespit etmişlerdir.

Veriler incelendiğinde, bu çalışmada elde edilen veriler ile örtüştüğü görülmüştür (Öztürk vd., 2018). Çin'de 9 ağaç türünün yapraklarında yaptıkları çalışmada Pb, Cu, Cd, Cr, Zn miktarlarını tespit etmişlerdir. Verileri, bu çalışmada elde edilen verilerden Pb, Cd miktarı yüksek, Cr, Zn miktarı düşük, Cu miktarı ise paraleldir (Hu vd., 2014). Floransa'da yol kenarlarında farklı lokalitelerden topladıkları *Quercus ilex* L. ait genç ile yaşlı yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda Zn, Pb, Cd, Cu, Fe, Mn, Cr, Ba metallerini analiz etmişlerdir. Analizleri sonucu elde ettikleri veriler, bu çalışmada elde edilen verilere göre Zn, Pb, Cd, Cu konsantrasyonu ile paralel, Mn konsantrasyonu yüksek, Fe ve Cr konsantrasyonu ise düşüktür (Ugolini vd., 2013). İran, İsfahan bölgesinde yapmış oldukları çalışmada *Platanus orientalis* L. yapraklarının biomonitor özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmalarında Cu ($15-26 \mu\text{g/g}$ k.a.), Mn ($66-176 \mu\text{g/g}$ k.a.), Ni ($5,7-12 \mu\text{g/g}$ k.a.) ve Zn ($29-68 \mu\text{g/g}$ k.a.) değerleri arasında belirlemiş olup bu çalışmada elde edilen veriler ile paralel olduğu görülmüştür (Norouzi vd., 2015b).

İstanbul'un sahil kesimlerinde yapılan çalışmada elde edilen metal verileri değerlendirildiğinde deniz ve karayolu trafiğinin bitkiler ve toprak üzerinde ekolojik risk oluşturabileceği açıktır. Özellikle yıkanmamış yaprak örneklerinde ağır metal verilerinin yüksek olması kentsel ve endüstriyel alanlarda kirlenmenin olduğunun en önemli kanıtıdır. Konu ile ilgili dünya çapında yapılan ve yapılmaya devam eden birçok çalışmanın olması ağır metal kirliliğinin canlılar üzerinde tehlikeli olabileceğinin göstergesidir. Çınar ağaçları, dünyanın birçok ülkesinde kentlerde yaygın olarak dağıldığından ve yaprakları kolayca örneklenebildiğinden ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde yapılan diğer çalışmalarda göz önünde alındığında iyi bir biyomonitör özelliğe sahip olduğu anlaşılmaktadır. Biyolojik izleme yöntemleri ile ağır metal kirliliğinin belirli dönemlerde takip edilmesi, oluşabilecek çevresel tehlikelerin tahmin edilmesine, tespit edilmesine ve kontrol edilmesine önemli katkı sağlayacaktır. Son yıllarda, kimyasal maddeler aşırı bir şekilde üretilerek tüketilmektedir. Dolayısıyla bu konuda yapılacak araştırmalar ile kirlilik sorunlarının canlıları rahatsız edici boyuta ulaştığı bölgeler tespit edilerek kirlenmeye karşı ciddi önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim. (2019).** https://www.selcuk.edu.tr/ileri_arge/birim/web/sayfa/ayrinti/5875/tr.
- Akarsu, H., Cetin, İ.Z. Jawed, A.A., Aisha, A.E.A. Cesur, A. & Keskin, R. (2019).** Changes of some heavy metal concentrations based on organic and traffic density in *Fraxinus excelsior* L. *International Journal of Engineering, Design and Technology*, 1(1), 24-30.
- Aksoy, A., Sahin, U. & Duman, F. (2000).** *Robinia pseudo-acacia* L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri. *Turkish Journal of Botany*, 24, 279-284.
- Ali, H., Khan, E. & Iahi, İ. (2019).** Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Hindawi Journal of Chemistry*, 1-14.
- Asri, F.Ö. & Sönmez, S. (2006).** The effect of heavy metal toxicity on plant metabolism. *Derim*, 23(2), 36-45.
- Baker, A.J.M., Mc Grath, S.P., Reeves, R.D. & Smith, J.A.C. (2000).** Metal hyperaccumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal polluted-soils. In: Terry, N., Benuelos, G. (Eds.), *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water*. Lewis Publishers, London, 85-107.
- 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 Istanbul. *Environmental Pollution*, 143, 545-554.
- Cocozza, C., Ravera, S., Cherubini, P., Lombardi, F., Marchetti, M. & Tognetti, R. (2016).** Integrated biomonitoring of airborne pollutants over space and time using tree trunks bark, leaves and epiphytic lichens. *Urban Forestry & Urban Greening*, 17, 177-191.
- Cetin, M., Sevik, H. & Yigit, N. (2018).** Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 404.
- Davis PH (Ed.) (1965-1985)** *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vols. 1-9. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Dmuchowski, W., Gozdowski, D., Baczewska, A.H. & Bragoszewska, P. (2013).** Evaluation of various bioindication methods used for measuring zinc environmental pollution. *International Journal of Environment and Pollution*, 51(3/4), 238-254.
- Ghori, N.H., Ghori, T., Hayat, M.Q., Imadi, S.R., Gul, A., Altay, V. & Ozturk, M. (2019).** Heavy metal stress and responses in plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 1807-1828.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö. & Çobanoğlu, D. (2004).** Effects of heavy metals (Cu⁺⁺, Pb⁺⁺, Hg⁺⁺, Cd⁺⁺) on pollen germination and tube growth of *Clivia* sp. *F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16(2), 177-182.
- Hu, Y., Wang, D., Wei, L., Zhang, X. & Song, B. (2014).** Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan'an city of the Loess Plateau, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 110, 82-88.
- Khosropour, E., Attarod, P., Shirvany, A., Pypker, T.G., Bayramzadeh, V., Hakimi, L. & Moeinaddini, M. (2018).** Response of *Platanus orientalis* leaves to urban pollution by heavy metals. *Journal of Forestry Research*, 30(4), 1437-1445.
- Liang, J., Fang, H.L., Zhanga, T.L., Wanga, X.X. & Liu, Y.D. (2017).** Heavy metal in leaves of twelve plant species from seven different areas in Shanghai, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 390-398.
- Monfared, S.H., Matiniazadeh, M. Shirvany, A. Amiri, G.Z. Fard, R.M. & Rostami, F. (2013).** Accumulation of heavy metal in *Platanus orientalis*, *Robinia pseudoacacia* and *Fraxinus rotundifolia*. *Journal of Forestry Research*, 24(2), 391-395.
- Norouzi, S., Khademia, H., Faz Cano, A. & Acosta, J.A. (2015a).** Using plane tree leaves for biomonitoring of dust borne heavy metals: A case study from Isfahan, Central Iran. *Ecological Indicators*, 57, 64-73.
- Norouzi, S. & Khademia, H. (2015b).** Source identification of heavy metals in atmospheric dust using *Platanus orientalis* L. leaves as bioindicator. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(3), 144-152.
- Osma, E., İlhan, V. & Yalçın, İ.E. (2014).** Heavy metals accumulation causes toxicological effects in aquatic *Typha domingensis* Pers. *Brazilian Journal of Botany*, 37(4), 461-467.
- Ozturk, A., Yarci, C. & Ozyigit I.I. (2018).** Assessment of heavy metal pollution in Istanbul using plant (*Celtis australis* L.) and soil assays. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31(5), 948-954.
- Özel, H.B., Özel, H.U. & Varol, T. (2015).** Using Leaves of Oriental Plane (*Platanus orientalis* L.) to Determine the Effects of Heavy Metal Pollution Caused by Vehicles. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(6), 2569-2575.
- Pajak, M., Halecki, W. & Gasiorek, M. (2017).** Accumulative response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and silver birch (*Betula pendula* Roth) to heavy metals enhanced by Pb-Zn ore mining and

- processing plants: Explicitly spatial considerations of ordinary kriging based on a GIS approach. *Chemosphere*, **168**, 851-859.
- Pourkhabbaz, A., Rastin, N., Olbrich, A., Langenfeld-Heysler, R. & Polle, A. (2010).** Influence of Environmental Pollution on Leaf Properties of Urban Plane Trees, *Platanus orientalis* L. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **85**, 251-255.
- Sawidis, T., Breuste, J., Mitrovic, M., Pavlovic, P. & Tsigaridas, K. (2011).** Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. *Environmental Pollution*, **159**, 3560-3570.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalida, S., Schreck, E., Xiong, T. & Na-beel N.K. (2017).** Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials* **325**, 36-58.
- Severoglu, Z., Ozyigit, I.I., Dogan, İ. Kurmanbekova, G., Demir, G., Yalcin, İ.E. & Kari G.K. (2015).** The usability of *Juniperus virginiana* L. as a biomonitor of heavy metal pollution in Bishkek City, Kyrgyzstan. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, **29**(6), 1104-1112.
- Taylan, Z.S. & Özkoç, H.B. (2007).** Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akutik Organizmaların Biokullanılabilirliği. *BAÜ FBE Dergisi*, **9**(2), 17-33.
- Topyıldız, M. & Yarsan, E. (2014).** Çevresel Kirliliğin İzlenmesinde Biyoindikatör Canlılar. *Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi*, **1-2**, 83-93.
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K. & Saleh, E.A.A. (2018).** Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0296-7>.
- Ugolini, F., Tognetti, R., Raschi, A. & Bacci, L. (2013).** *Quercus ilex* L. as bioaccumulator for heavy metals in urban areas: Effectiveness of leaf washing with distilled water and considerations on the trees distance from traffic. *Urban Forestry & Urban Greening*, **12**, 576-584.
- Yavuzer, H. & Osma, E. (2018).** Evaluation of *Salix fragilis* L. (gevrek söğüt) as a biomonitor in heavy metal pollution. *Anadolu University Journal of Science and Technology C- Life Sciences and Biotechnology*, **7**(2), 122-129.
- Yıldırım, C., Karavin, N. & Cansaran, A. (2012).** Determination of Some Heavy Metal Contents in *Elaeagnus angustifolia* L. and *Pinus brutia* Ten. in Amasya. *Turkey Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, **5**(2), 7-11.
- Yücel, E., Edirnelioğlu, E., Soydam, S., Çelik, S. & Çolak, G. (2010).** *Myriophyllum spicatum* (Spiked water-milfoil) as a biomonitor of heavy metal pollution in Porsuk Stream/Turkey. *BioDiCon*, **3**(2), 133-144.
- Wang, O.R., Cui, Y.S., Liu, X.M., Dong, Y.T. & Christie, P. (2003).** Soil contamination and plant uptake of heavy metals at polluted sites in China. *Journal of Environmental Science and Health, Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, **38**(5), 823-838.
- Wei, B. & Yang, L. (2010).** A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*, **94**, 99-107.

***Corresponding author's:**

Etem OSMA

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Yalnızbağ kampüsü Erzincan, Türkiye.

✉E-mail: eosma@erzincan.edu.tr

ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-5250-8194>

Telefon : +90 (446) 224 30 32