

***SALIX FRAGILIS* L. (GEVREK SÖĞÜT)' İN AĞIR METAL KİRLENMESİNDE BİOMONİTÖR OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hasan YAVUZER¹, Etem OSMA^{1,*}

¹ Biyoloji Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan, Türkiye

ÖZET

Bu çalışma ile Karasu Nehri (Tercan, Yedisu, Üzümlü) ve Işıkpınar deresi çevresinden olmak üzere dört farklı lokaliteden toplanan gevrek söğüt (*Salix fragilis* L.) bitkisinden kök, kabuk, yaprak ve yetiştikleri toprak örneklerinde (Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Co, Cr, Cd) bazı ağır metallerin miktarı tespit edilmiştir. Bitki ve toprak örnekleri laboratuvarında ön işlemlerden geçirildikten sonra ağır metal konsantrasyonlarının ICP-MS'de analizleri yapılmıştır. Farklı lokalitelerden toplanan bitki kısımlarında ve toprakta elde edilen veriler SPSS İstatistik Paket Programında istatistiksel olarak karşılaştırılarak, lokaliteler arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. Ağır metal konsantrasyonunun bitkinin daha çok köklerinde biriktiği tespit edilmiştir. Ayrıca, ağır metal miktarının diğer lokalitelere göre Yedisu lokalitesinde daha fazla olduğu belirlenmiştir. *S. fragilis*'in ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde biyomonitör olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Biyomonitör, ICP-MS, *Salix fragilis* L.

EVALUATION OF *SALIX FRAGILIS* L. (GEVREK SÖĞÜT) AS A BIOMONITOR IN HEAVY METAL POLLUTION

ABSTRACT

With this study the effects of different concentrations of some (Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Co, Cr, Cd) on the root, bark, leaves and cultivated soil samples of (*Salix fragilis* L.), plants collected from four different localities from around Işıkpınar stream and Karasu River (Tercan, Yedisu, Üzümlü) was investigated. Plant and soil samples were pre-treated in the laboratory, and then their heavy metal concentrations were analyzed in ICP-MS. Differences between localities were determined by statistically (SPSS 19 Package Program) comparing the data obtained from plant parts collected from different localities and the soil. It was determined that the heavy metal accumulation in the plant parts was higher in the roots. In addition, the amount of heavy metal was found to be higher in the Yedisu locality than in other localities. As result *S. fragilis* could be a biomonitor in the determination of heavy metal contamination.

Keywords: Biomonitor, Heavy metal, ICP-MS, *Salix fragilis* L.

1. GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu, gelişen endüstri ve kentleşmeye bağlı olarak günümüzde çevre kirliliği, ciddi boyutlara ulaşmıştır [1]. Çevre kirliliğine neden olan ve önemli şekilde tehlike oluşturan faktörlerin başında, ağır metaller gelmektedir. Toprak, su ve havada değişik konsantrasyonlarda var olan ağır metaller (Pb, Zn, Cu, Cr, Co, Cd, V vb.) belirli konsantrasyonun üzerine çıktığında kirliliğe sebep olabilmektedir. Ağır metallerin çevrede yaygın olarak artış göstermesi, tüm canlılar için önemli bir tehlike oluşturmaktadır [2, 3]. Ağır metaller özellikle nükleer ve termik santraller, fabrikalar, baca gazları, evsel atıklar, maden işletmeleri, trafik, tarım ilaçları, aşırı gübreleme vs. gibi birçok faaliyetler ile çevreye rahatlıkla yayılmaktadır [4].

*Sorumlu Yazar: eosma@erzincan.edu.tr

Geliş Tarihi: 06 Aralık 2017 Yayın Tarihi: 17 Ağustos 2018

Dünyada ve ülkemizde artan sanayi faaliyetleri ile birlikte üretilen başta metal ve bileşikleri olmak üzere birçok atıklar ekosistemde birikmiş ve bu atıkların zararlı etkileri kendini göstermeye başlamıştır [5, 6]. Çevre kirlenmesine neden olan bu kimyasal maddeler, sadece ekosistemde kalmayıp hava, su, toprak ve canlılara bulaşarak biyosferde ciddi oranda yayılmıştır. Sonuçta, doğada sürekli devam eden enerji ve madde döngülerine katılarak besin zinciri ile bütün canlıların olumsuz etkilenmesine sebep olmuştur. Bununla birlikte bu kimyasal maddelerin ekosistemde birbirleri ile olabilecek etkileşimleri tam olarak bilinmemektedir. Uzun bir süre çevre kirliliğini belirlemede geleneksel metotlar ile kimyasal analiz metotları kullanılmıştır [6, 7]. Fakat bu metotlar kirletici maddelerin bulunduğu ortamda yaşayan canlılar üzerinde etkileri hakkında fazla bilgi vermemektedir. Son dönemlerde toksik maddeleri akümüle edebilme özelliğine sahip “biyoindikatör” veya “biyomonitör” canlılar üzerinde çalışmalar artmıştır [5, 7]. Böylece, biyomonitör özelliğine sahip canlıların çeşitli organlarında toksik madde analizleri yapılarak, farklı ekosistemlerde konsantrasyonları hakkında fikir sahibi olunabilmektedir. Çünkü kirletici maddeler sadece çevrede kalmayıp, ortam şartlarına bağlı olarak organizmalara geçerek besin zincirinde birikebilme özelliğine sahiptir. Mantarlar, likenler, bitkiler, ağaç kabuğu, ağaçlar ve yüksek bitkilerdeki yapraklar, ağır metallerin birikimini izlenmesinde oldukça önemlidir [6, 7].

Bitkiler, çevre kirliliğinin önemli biyolojik denetleyicileridir. Element analizleri bitki örneklerinde kolay olup, ekolojik araştırmalar için kullanılan alternatif etkili yöntemlerdir [8-10]. Ağaçlar, kirliliğin bir göstergesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yosun ve likenler de günümüzde alternatif olarak kullanılan biomonitör canlılardır. Özellikle uzun yaşama niteliğine sahip ağaçlar su ve topraktan eser elementleri rahatlıkla alabilen organizmalardır [11-13]. Bir eser elementin, bitkiler tarafından alınımı onun toprakta bulunabilirliğini gösterirken, bazende birçok bitki eser elementleri yerüstü kısımlarında (yapraklar / kabuklar) toprak çözeltilisinden daha yüksek biriktirebilmektedir [10, 14].

Yapılan bu çalışma ile, ağır metal kirliliğini belirlemede, *S. fragilis* bitkisinin biyomonitör olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

S. fragilis, 20 m'ye kadar yükselebilen ve gövdesi yaklaşık 1 m çapında olabilen bir türdür. Kabuk koyu ve çatlak şekilde olup, taç yuvarlak veya ince uzundur. Dallar kahverengimsi yeşil, kalın, düz, parlak, önceleri tüylü, sonraları tüsüz, kolay kırılır. Yaprak sapı 2-7 mm, tüylü yada tüsüz olabilmektedir. Yapraklar mızraksı veya geniş mızraksı olup, genellikle 8-10 cm'dir. Avrupa, Asya ve Türkiye'de yayılış gösteren bitki, Ülkemizin Kuzeydoğu ve Kuzeybatı kesimlerinde yayılış göstermektedir [15, 16].

Çalışma Alanı

Fırat Nehri ülkemizin önemli nehirlerinden biri olup, 460 km uzunluğundaki Karasu ve Murat Nehri'nin birleşmesiyle oluşur. Erzurum ovasında bulunan Dumlu Dağları'ndan doğmaktadır [17]. Karasu Nehri'nin geçtiği Tercan, Yedisu ve Üzümlü olmak üzere üç farklı lokaliteden ve Işıkpınar deresi civarından *S. fragilis*'e ait kök, kabuk ve yaprak örnekleri ile yetiştikleri topraktan yeterli miktarda örnek alınarak, örnekler laboratuvar ortamına getirilmiştir (Şekil 2).

Örneklerin Toplanması ve Metal Analizleri

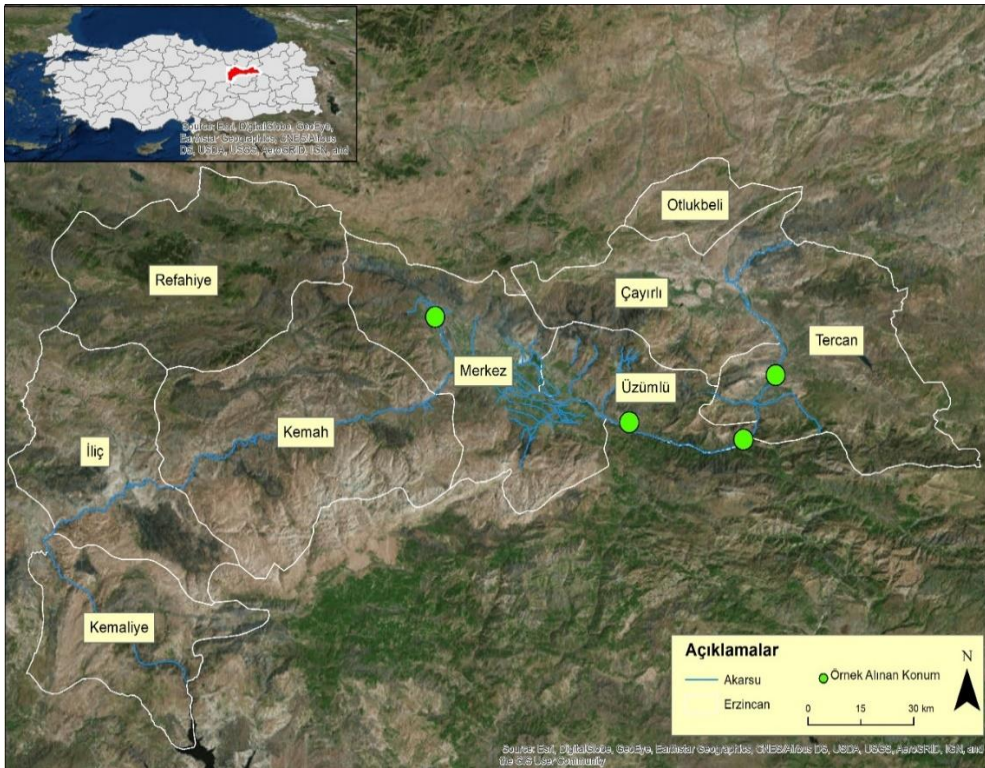
Toprak ve bitki örnekleri toplandıkları alandan isimlendirilerek ayrı poşetlere konulmuştur. Alınan örnekler, metal analizi yapılmadan önce bazı ön aşamalardan geçirilmiştir. Bu aşamalar, öncelikle örnekler, etüvde 80 °C'de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnekler, havanda dövülerek toz haline getirilerek, 1.5 mm'lik elekten geçirilmiştir. Her örnekten sonra havan etil alkol ile yıkanarak kontaminasyon engellenmiş olup, toz haline getirilmiş örnekler ayrı poşetlere koyularak saklanmıştır [17]. Örnekler, 2017 yılının temmuz ayı içerisinde toplanarak, teşhisi yapılmıştır. Bitki örnekleri alınırken ağaçların yaşları ve morfolojik özellikleri dikkate alınmıştır. Yaprak örnekleri ise yeni oluşmuş

ve morfolojik olarak birbirine yakın özelliğe sahip dalların uç kısımlarından toplanmıştır. Toprak örnekleri ise her lokaliteden yüzeyinden itibaren döküntü kısımlar temizlendikten sonra 10 cm'lik bölgeden çapa kullanılarak ve kontaminasyonlardan korunarak yaklaşık 500 g civarında alınıp poşetlere konarak isimlendirilmiştir. Laboratuvar ortamına getirilen toprak örnekleri yere serilip iyice kurutulmuş ve hava kurusu haline getirildikten sonra 1.5 mm'lik elek ile elenmiştir. ICP-MS element analizi yapmak için toprak ve bitki örneklerinin ön çalışmalarına başlanmıştır [17].

Laboratuvar ortamında kurutulup toz haline getirilmiş bitki ve toprak numunelerinden 0,5 g alınmıştır ve mikrodalga tüpleri 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. Tüpler mikrodalgaya yerleştirildikten sonra 15 dakika 45 bar basınçla 200 °C'ye kadar asit ortamda çözündürülmüştür. Tüp içerisinde yakılmış olan numuneler balon jojeye alınarak 50 mL'ye tamamlanmıştır. 50 mL'ye tamamlanmış olan numunelerden teflon filtre kullanılarak 10 mL çekilmiştir. Son olarak, element seviyelerini belirlemek için örnekler falkon tüplere yerleştirilmiştir ve ICP-MS'de metal konsantrasyonları, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Temel Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde belirlenmiştir [17, 18].

İstatistiksel Analizler

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ortalamaların istatistiksel karşılaştırılmasında $p \leq 0.05$ değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir. SPSS 19 Paket İstatistik Programı ile verilerin lokalitelere göre çarpıklık ve basıklık değerleri -2 ile +2 aralığında normalliği kontrol edilerek, grupların varyanslarının homojenliği Levene testi ile belirlenmiştir ($p > 0,5$). Daha sonra veriler, %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda bitki ve toprak örneklerinin alınmış olduğu lokaliteler arasındaki farklılığın belirlenmesi için Dunnett testi kullanılmıştır [17].



Şekil 2. Çalışma alanı

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada, elde edilen veriler değerlendirildiğinde; Cu, Pb, Zn, Cd, Mn konsantrasyonlarının toprakta ve bitki kısımlarında normal değerler arasında olduğu, Co, Fe, Cr konsantrasyonlarının toprakta veya bitki kısımlarında yüksek olduğu tespit edilmiştir. (Şekil 5). Fe konsantrasyonu hem toprakta hemde bitki örneklerinde yüksek iken, Co bitki kısımlarında, Cr ise toprakta daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen verileri, yapılan diğer çalışmalar ile kıyaslandığında önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

Cu konsantrasyon verileri incelendiğinde, toprakta 8,68-13,74 µg/g dw, bitki kısımlarında 4,47-12,31 µg/g dw değerleri arasında tespit edilmiştir. Cu konsantrasyonu, bitkinin kök kısmında daha fazla biriktiği görülmüştür. Bunun yanında toprak ve bitki kısımlarında Cu miktarının normal değerler içerisinde olduğu belirlenmiştir. Yapılan diğer çalışmalar ile kıyaslandığında, [9, 10, 13, 19, 20, 21, 22, 23, 24] verileri ile paralel olup, [3, 4, 25, 26, 27] verilerinden düşük olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1.)

Tablo 1. Farklı lokalitelerden toplanan *S. fragilis*'e ait kök, kabuk, yaprak ve yetiştikleri topraklardaki Cu, Zn, Cd, Cr konsantrasyonu (µg/g dw).

| Element | Lokalite | Kök | Kabuk | Yaprak | Toprak | Bitkide Olması Gereken Konsantrasyon (32, 33) | Toprakta Olması Gereken Konsantrasyon (32, 33) |
|---------|-----------|--------------|-------------|-------------|---------------|---|--|
| Cu | Tercan | 10,79 ± 0,41 | 7,14 ± 0,4 | 9,19 ± 0,29 | 9,1 ± 0,28 | 5-30 | 0,2-125 |
| | Yedisu | 11,65 ± 1,35 | 4,28 ± 0,21 | 5,12 ± 0,48 | 8,68 ± 0,14 | | |
| | Üzümlü | 7,88 ± 0,06 | 5,48 ± 0,28 | 4,47 ± 0,09 | 13,74 ± 0,99 | | |
| | Işıkpınar | 12,31 ± 0,33 | 4,95 ± 0,86 | 4,62 ± 0,38 | 9,33 ± 0,13 | | |
| Zn | Tercan | 15,19 ± 0,48 | 39,6 ± 1,79 | 36,3 ± 1,44 | 12,33 ± 0,397 | 5-100 | 70-400 |
| | Yedisu | 11,63 ± 0,24 | 56,9 ± 3,94 | 17,9 ± 0,75 | 12,49 ± 0,131 | | |
| | Üzümlü | 0,83 ± 0,01 | 36,4 ± 0,41 | 26 ± 2,46 | 15,88 ± 0,41 | | |
| | Işıkpınar | 14,44 ± 0,21 | 49,5 ± 1,7 | 32 ± 2,45 | 11,44 ± 0,396 | | |
| Cd | Tercan | 0,06 ± 0 | 0,54 ± 0,02 | 0,18 ± 0,01 | 0,08 ± 0 | 0,01-2,4 | 0,01-2 |
| | Yedisu | 0,24 ± 0,03 | 0,4 ± 0,02 | 0,1 ± 0 | 0,07 ± 0 | | |
| | Üzümlü | 0 ± 0 | 0,71 ± 0,1 | 0,13 ± 0,01 | 0,08 ± 0,01 | | |
| | Işıkpınar | 0,09 ± 0 | 0,11 ± 0 | 0,06 ± 0 | 0,04 ± 0 | | |
| Cr | Tercan | 32,78 ± 1,89 | 5,55 ± 0,31 | 1,13 ± 0,05 | 107,4 ± 9,44 | 5-30 | 5-100 |
| | Yedisu | 65,94 ± 14,7 | 3,38 ± 0,24 | 0,99 ± 0,02 | 134,3 ± 4,06 | | |
| | Üzümlü | 27,59 ± 7,58 | 4,57 ± 0,04 | 0,83 ± 0,02 | 106,8 ± 10,53 | | |
| | Işıkpınar | 54,71 ± 3,05 | 9,38 ± 1,19 | 0,96 ± 0,05 | 111,1 ± 15,56 | | |

Zn konsantrasyonu, toprakta 11,44-15,88 µg/g dw, bitki kısımlarında 0,83-56,9 µg/g dw değerleri arasında olup bitkide Zn konsantrasyonu en fazla kabuk kısmında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, toprak ve bitki kısımlarında Zn miktarının normal değerler arasında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında, [3, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 28] verileri ile örtüşürken, [9, 13, 26] verilerinden düşük miktardadır (Tablo 1.).

Cd konsantrasyonu toprakta 0,04-0,08 µg/g dw, bitki kısımlarında 0-0,71 µg/g dw değerleri arasında olup, bitkide Cd konsantrasyonu en fazla kabuk kısmında tespit edilmiştir. Bunun yanında toprak ve

bitki kısımlarında Cd miktarının normal değerler içerisinde olduğu görülmektedir. Çalışma verileri, [13, 19, 22, 24, 28]'nın verilerinden düşük olup, [21] verilerine göre yüksektir (Tablo 1.).

Cr konsantrasyonu, toprakta 106,8-134,3 µg/g dw, bitkide ise 0,83-65,94 µg/g dw değerleri arasında olup, bitki kökünde daha fazladır. Bitkide Cr konsantrasyonu normal değerler arasında iken, toprakta biraz yüksektir. Elde edilen Cr konsantrasyonu yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında [19, 26, 27] verilerinin yüksek olduğu, [21] verilerinin düşük, [3, 10, 13, 22, 24, 29] verilerinin de paralel olduğu görülmüştür. Yedisu lokalitesinde hem toprakta, hemde bitkinin kök kısmında Cr konsantrasyonun diğer lokalitelere göre daha yüksek miktarda belirlenmiştir (Tablo 1.).

Tablo 2. Farklı lokalitelerden toplanan *S. fragilis*'e ait kök, kabuk, yaprak ve yetiştikleri topraklardaki Fe, Co, Pb, Mn konsantrasyonu (µg/g dw).

| Element | Lokalite | Kök | Kabuk | Yaprak | Toprak | Bitkide Olması Gereken Konsantrasyon (32, 33) | Toprakta Olması Gereken Konsantrasyon (32, 33) |
|---------|-----------|--------------|-------------|-------------|---------------|---|--|
| Fe | Tercan | 2833 ± 225 | 994 ± 27,3 | 204 ± 7,54 | 11379 ± 436,2 | 60-140 | 50-300 |
| | Yedisu | 4651 ± 1106 | 586 ± 10,3 | 199 ± 9,34 | 11926 ± 159,7 | | |
| | Üzümlü | 3074 ± 839 | 1365 ± 65,9 | 165 ± 0,84 | 13060 ± 391,9 | | |
| | Işıkpınar | 5424 ± 322 | 1279 ± 222 | 164 ± 5,28 | 12360 ± 423,7 | | |
| Co | Tercan | 2,37 ± 0,08 | 0,98 ± 0,04 | 0,29 ± 0,01 | 10,10 ± 0,94 | 0,1-0,6 | 0,5-65 |
| | Yedisu | 6,00 ± 0,11 | 0,91 ± 0,07 | 1,16 ± 0,05 | 10,42 ± 0,25 | | |
| | Üzümlü | 0,02 ± 0,00 | 1,06 ± 0,02 | 0,68 ± 0,03 | 9,01 ± 0,10 | | |
| | Işıkpınar | 4,67 ± 0,16 | 2,70 ± 0,17 | 1,10 ± 0,10 | 11,27 ± 1,01 | | |
| Pb | Tercan | 0,30 ± 0,01 | 0,83 ± 0,03 | 0,15 ± 0,01 | 3,62 ± 0,14 | 5-10 | 2-300 |
| | Yedisu | 1,41 ± 0,19 | 0,58 ± 0,04 | 0,40 ± 0,02 | 4,32 ± 0,22 | | |
| | Üzümlü | 0,08 ± 0,00 | 0,53 ± 0,08 | 0,25 ± 0,01 | 4,30 ± 0,17 | | |
| | Işıkpınar | 0,59 ± 0,01 | 0,25 ± 0,18 | 0,19 ± 0,01 | 2,36 ± 0,13 | | |
| Mn | Tercan | 82,57 ± 3,98 | 55,4 ± 2,56 | 80,6 ± 10,9 | 442,5 ± 29,64 | 50-250 | 7-8423 |
| | Yedisu | 119,7 ± 21,2 | 59,8 ± 2,66 | 133 ± 5,91 | 382,3 ± 7,157 | | |
| | Üzümlü | 91 ± 22,8 | 57,2 ± 3,09 | 64,1 ± 1,33 | 416,6 ± 15,34 | | |
| | Işıkpınar | 108,4 ± 4,62 | 52,4 ± 2,26 | 31,5 ± 2,38 | 373,9 ± 17,63 | | |

Yapılan çalışmada Fe konsantrasyonu, toprakta 11.379-13.060 µg/g dw, bitki kısımlarında ise 164-4.651 µg/g dw arasında ve birikimin bitkinin kök kısmında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, yapılan çalışmalarla kıyaslandığında; [4, 20, 21, 27, 29] yaptıkları çalışmalarda elde ettikleri verilerden yüksek iken, [3, 23]'nın verileri ile paraleldir. [10, 24, 25] verileri ise çalışmada elde edilen verilerden oldukça yüksektir. Toprak örneklerinde Fe miktarı, kabul edilen sınır değerlerine göre yüksek değerlerde olduğu görülmektedir (Tablo 2.). Bitkideki en yüksek Fe konsantrasyonu Üzümlü'de belirlenmiş olup, Fe konsantrasyonunun fazla olması, bölge topraklarında asbest ve demir yataklarının bulunmasından kaynaklanabileceği kanaatine varılmıştır [34].

Çalışmada Co konsantrasyonu, toprakta 9,01-11,27 µg/g dw, bitki kısımlarında ise 0,02-6 µg/g dw arasında belirlenirken, Co birikiminin bitkinin kök kısmında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen Co verileri, [3, 30] verileri ile paralel, [21] verilerinden yüksek, [27] göre düşüktür. Co konsantrasyonu toprakta normal değerler arasında iken bitki kısımlarında yüksektir. Co miktarının, bitkide en fazla şehirlerarası karayolu kenarında bulunan Yedisu lokalitesinde olduğu görülmektedir (Tablo 2.).

Pb konsantrasyonu, toprakta 2,36-4,32 µg/g dw, bitki kısımlarında 0,08-1,41 µg/g dw olup, en fazla kök ve kabukta birikim tespit edilmiştir. Kurşun, bitkiler için mutlak gerekli element olmayıp, toprakta toplam 15-40 µg/g dw arasındadır, topraktaki kurşun konsantrasyonu 150 µg/g dw aştığı durumlarda zararlı olabilmektedir. Pb konsantrasyonu, bitkide ve toprakta olması gereken değerlerin altında olup, bitki kısımlarında ve toprakta karayolu çevresinde yer alan Yedisu lokalitesinde daha fazladır. Bu çalışmada elde edilen veriler, [9, 10, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 31] yaptıkları çalışmada elde ettikleri verilere göre düşük, [3] verileri ile örtüşmektedir (Tablo 2.).

Çalışmada elde edilen Mn konsantrasyonu toprakta 373,9-442,5 µg/g dw, bitki kısımlarında 31,5-119,7 µg/g dw arasında belirlenmiş olup, birikim daha çok bitkinin kök kısmındadır. [4, 20, 25, 27] verileri yüksek, [21] çalıştığı hasır otundan düşük, çam ve defne göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Toprakta ve bitki kısımlarında elde edilen veriler, normal sınırlar içerisinde yer almaktadır. Mn miktarı bitkide en fazla Yedisu lokalitesinde olduğu görülmektedir (Tablo 2.).

Tablo 3. ANOVA testi ile lokalitelerin karşılaştırılması ve F değerleri (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık, Nd; Not deficient).

| Element | Kök | Kabuk | Yaprak | Toprak |
|---------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Cu | 2,7 Nd | 6,7 ^{***} | 57,3 ^{***} | 23,6 ^{***} |
| Zn | 440,2 ^{***} | 12,4 ^{***} | 9,1 ^{***} | 28,9 ^{***} |
| Cd | 96,8 ^{***} | 75,2 ^{***} | 7,3 ^{***} | 13,3 ^{***} |
| Cr | 3,3 [*] | 15,2 ^{***} | 10,3 ^{***} | 2,5 Nd |
| Fe | 3,9 [*] | 34 ^{***} | 7,2 ^{**} | 3,8 ^{**} |
| Co | 502,6 ^{***} | 69,2 ^{***} | 25,3 ^{***} | 1,9 Nd |
| Pb | 48 ^{***} | 9,5 ^{***} | 51,7 ^{***} | 25,7 ^{***} |
| Mn | 1,5 Nd | 0,9 Nd | 42,2 ^{***} | 2,6 Nd |

Elde edilen bitki ve toprağa ait element verileri, istatistiksel olarak değerlendirdiğinde lokaliteler arasında genelde güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu görülmektedir (Tablo 3). Element birikiminin Yedisu bölgesinde daha yoğun olduğu belirlenmiştir. Yedisu bölgesinin, şehirlerarası karayolu kenarında olmasından kaynaklanabileceği kanısına varılmıştır.

Bir bitkinin, biyomonitör olarak değerlendirilebilmesi için çalışma alanında sayıca fazla olma, coğrafik olarak geniş dağılım gösterme, örneklenmesinin rahat olması, kimlik probleminin olmaması ve kirlenme kaynakları hakkında fikir verebilmesi gibi bazı temel kriterlere sahip olması gerekmektedir [19]. *S. fragilis* tüm bu kriterlere sahip olup, iyi bir biyomonitör bitki olabileceği ve akarsu kirliliğinin izlenmesinde kullanılabilmesi düşüncesindeyiz. Kimyasalların çok fazla üretildiği günümüz dünyasında, bu tür çalışmalar ile kirlilik problemlerinin olduğu bölgeler tespit edilerek, kirlenmeye karşı ciddi önlemlerin alınması gereklidir.

KAYNAKLAR

- [1] Asri FÖ, Sönmez S, Çıtak S. Kadmiyumun Çevre Ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Derim, 2007; 24(1): 32-39.
- [2] Zengin FK, Munzuroğlu Ö. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Kadmiyum (Cd⁺⁺) ve Civa (Hg⁺⁺)'nın Etkileri, C.Ü. Fen-Edebiyat Fak Fen Bil Der, 2003; 24(1): 64-75.
- [3] Karakoyun G, Osma E. Erzincan'da Hava Kirliliğine Bağlı Olarak Sarı Çamlarda (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven.) Ağır Metal Birikimi. GÜFBED, 2015; 5:67-77.

- [4] Yıldırım C, Karavin N, Cansaran A. Amasya İli Şehir Merkezinde Bulunan *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Pinus brutia* Ten. Türlerinde Bazı Ağır Metallerin İçeriklerinin Belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2012; 5 (2): 7-11.
- [5] Aslanhan E. Çevresel Kirliliklerin Takibinde Kullanılacak Yeni Biyomonitör Bitkiler. Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [6] Topyıldız M. Yarsan E. Çevresel Kirliliğin İzlenmesinde Biyoindikatör Canlılar. *Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi* 2014; (1-2): 83-93.
- [7] Taylan ZS, Özkoç HB. Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği. *BAÜ FBE Dergisi*, 2007; 9 (2): 17-33
- [8] Yücel E, Edirnelioğlu E, Soydam S, Çelik S, Çolak G. *Myriophyllum spicatum* (Spiked water-milfoil) as a biomonitor of heavy metal pollution in Porsuk Stream/Turkey. *BioDiCon*, 2010; 3(2): 133-144.
- [9] Aksoy A, Sahin U, Duman F. *Robinia pseudo-acacia* L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri. *Turk J Bot*, 2000; 24: 279-284.
- [10] Sawidis T, Breuste J, Mitrovic M, Pavlovic P, Tsigaridas K. Tsigaridas Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. *Environ Pollut*, 2011; 159: 3560-3570.
- [11] Mankowski B, Godzik B, Shparyk PM. Chemical and morphological characteristics of key tree species of the Carpathian Mountains. *Environ Pollut*, 2004;130 (1): 41-54.
- [12] Dmuchowski W, Gozdowski D, Baczewska AH, Bragoszewska P. Evaluation of various bioindication methods used for measuring zinc environmental pollution. *Int J Environ Pollut*, 2013; 51(3/4): 238-254.
- [13] Pajak M, Halecki W, Gasiorek M. 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*, 2017; 168: 851-859.
- [14] Baker AJM, Mc Grath SP, Reeves RD, Smith JAC. 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, 2000; 85-107.
- [15] Davis P.H.(ed). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. Edinburg University Press. (1965-1985).
- [16] Anonim 2017. http://www.tubives.com/index.php?sayfa=1&tax_id=8492
- [17] Osma E, Mutlu S, Aksoy A, İlhan V. Effect of Irrigation Water on Accumulation of Heavy Metal and Mineral Element in Some Vegetables Iğdır Univ J Inst Sci & Tech, 2016; 6(2): 49-58.
- [18] Anonim, 2018 <http://www.milestonesrl.com/en/>
- [19] Duru N, Türkmen Z, Çavuşoğlu K, Yalçın E, Yapar K. *Verbascum sinuatum* L. (Scrophulariaceae) (Sığırkuyruğu) Türü Kullanılarak Karadeniz Sahil Şeridinde Taşıtların Sebep Olduğu Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 2011; 15(2): 89-96.

- [20] Akguc N, Özyiğit İİ, Yaşar Ü, Leblebici Z. Yarcı C. Use of *Pyracantha coccinea* Roem. as a possible biomonitor for the selected heavy metals. *Int J Environ Sci Tech*, 2010; 7(3): 427-434.
- [21] Özcan C. Kırklareli İl Merkezinde Yetişen Bazı Bitki Türlerinin Eser Element Analizleri. *Elect J of Voc Coll*, 2013; 184-193
- [22] Hu Y, Wangn D, Wei L, Zhang X, Song B. Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan'an city of the Loess Plateau, China. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2014; 110: 82–88.
- [23] Bayar E. 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. 2009; 29-59s.
- [24] Kocic K, Spasic T, Urosevic MA. Tomasevic M. Trees as natural barriers against heavy metal pollution and their role in the protection of cultural heritage. *Jof Cultural Heritage*, 2014; 15: 227–233
- [25] Norouzi S, Khademi H, Cano AF, Acosta JA. Using plane tree leaves for biomonitoring of dust borne heavy metals: A case study from Isfahan, Central Iran. *Ecol Indic*, 2015; 57: 64–73.
- [26] Ünal D, Sert Ş, Işık NO, Kaya Ü. İzmir-Kemalpaşa Sanayi Bölgesinde Ağır Metal Kirliliğinin Biyoindikatör Olarak Zeytin (*Olea europaea*) Bitkisi Kullanılarak Belirlenmesi. *Zeytin Bilimi*, 2011; 2(2):59-64
- [27] Cansaran A, Yıldırım C. Karavın N. Availability of *Maclura pomifera* (Rafin.) Schneider As A Biomonitor for the Heavy Metal Pollution. *Bangladesh J Bot*, 2016; 45(3): 723-726
- [28] Aksoy A, Sahin U. *Elaeagnus angustifolia* L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution. *Turk J of Bot*, (1999); 23: 83–87
- [29] Çilali E, 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. 2012; 18-35s.
- [30] Keleş CT. Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2007; 19-50s.
- [31] Çavuşoğlu K, Çakır Ş, Kırındı T. Investigation of Lead (Pb) Pollution in *P. nigra* (J.F. Arnold) Subsp. *Nigra* var. *caraminica* (Loudon) Rehder Collected Road Sides in Some Regions of Kırıkkale City. *D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2006; 11: 11-26.
- [32] Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace Elements in Soils and Plants. CRC. Press, London (1992), New York, 2000; 215-349s.
- [33] Ross SM. Sources and Forms of Potentially Toxic Metals in Soil–Plant Systems, Toxic Metals in Soil–Plant Systems, Wiley, England, 1994; 3-26.
- [34] Anonim, 2018 <http://uzumlu.meb.gov.tr/www/uzumlu-tarihi/icerik/1>