

Malatya’da Yetişen Akdutlarda (*Morus alba* L.) Ağır Metal Birikiminin Belirlenmesi

Mahmut KARADENİZ^{1*}, Etem OSMA², Tuğçe VAROL¹

¹Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan, Türkiye

²Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Erzincan, Türkiye

Geliş / Received: 24/12/2018, Kabul / Accepted: 13/05/2019

Öz

Bu çalışma ile Malatya’da (Kenar Semt, Şehir İçi, Çevre Yolu, Sanayi ve Şaynahan Beldesi) olmak üzere beş farklı bölgeden *Morus alba* L. (Akdut) bitkisine ait yaprak ile meyve ve yetiştikleri bölgeden toplanan toprak örneklerinde (Zn, Pb, Co, Ni, Fe, Cu, Cr, Mn, Al, Cd) ağır metallerin birikimi araştırılmıştır. Öncelikle, toplanan bitkiye ait yaprak örnekleri yıkanmış ve yıkanmamış olarak ayrılmıştır. Sonrasında bütün örnekler, laboratuvarında kurutma, yıkama ve toz haline getirme gibi ön işlemlerden geçirildikten sonra ağır metal konsantrasyonları ICP-MS cihazında analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, SPSS 22 İstatistik Paket Programı’nda istatistiksel olarak karşılaştırdıktan sonra bölgeler arasında önemli ölçüde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bölgeler arasında genel bir değerlendirme yaptığımızda ise çevre yolu ile sanayi bölgelerinden toplanan örneklerdeki ağır metal konsantrasyonunun diğer bölgelere göre daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Özellikle, toprak örneklerinde bazı ağır metallerin birikiminin dikkat edilmesi gereken düzeylerde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, *Morus alba*, ICP-MS, Malatya

Determination of Heavy Metal Accumulation in Mulberries (*Morus alba* L.) Growing in Malatya

Abstract

The accumulation of heavy metals (Zn, Pb, Co, Ni, Fe, Cu, Cr, Mn, Al, Cd) on *Morus alba* L. (Akdut) leaf, fruit and other accompanied growth things, and in soil samples collected from five different localities such as (Suburban, City Center, Roadside, Industrial area and Şaynahan) in Malatya was researched in this study. First, collected leaves of the plants were separated as washed and unwashed. Then, all the samples had been pretreated such as washing, drying, powdering and heavy metal concentrations were analyzed in ICP-MS device. Obtained data was compared statistically and significant differences were determined between the regions SPSS 22 Statistical Package Program. When we evaluate the localities in general, it is determined that the heavy metal concentrations from the samples in beltway and industrial zone are at higher levels. Especially from the samples in soil, it is seen that the accumulation of heavy metals is at noteworthy levels.

Keywords: Heavy Metals, *Morus alba*, ICP-MS, Malatya

1. Giriş

Son yıllarda su, hava ve toprak gibi alıcı ortamlarda geniş ölçüde biriken ağır metaller, dünyada bütün canlıların yaşamını ciddi şekilde tehdit eden önemli bir çevresel problem haline gelmiştir. Ağır metaller, özellikle 1950’li yıllardan sonra nüfus artışı ile birlikte etkisini büyük oranda hissettirmeye başlamıştır. Ağır metaller endüstriyel faaliyetler, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar, maden ocakları ve işletmeleri, motorlu taşıtların egzozları ile

kentsel atıklar gibi birçok antropojenik etkiler ile ekosisteme yayılmaktadır (Asri ve Sönmez, 2006; Yavuzer ve Osma, 2018). Hava, su ve toprakta farklı konsantrasyonlarda bulunabilen ağır metaller belirli konsantrasyonların üzerine çıktığında çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Ağır metallerin, ekosistemde yaygın bir şekilde birikmesi, tüm canlılar için her geçen gün etkisini artıran önemli bir tehlike oluşturmaktadır (Munzuroğlu ve Zengin

2004; Tuna, 2011; Karakoyun ve Osmalı, 2015).

Ağır metaller, bitkiden başlayarak insana kadar bütün canlılar için ciddi tehlikeye neden olmakta ve besin zinciri vasıtasıyla ekosistemde artarak yerini almaktadır (Munzuroğlu ve Geçkil, 2002; Ergün vd., 2010). Ağır metallerin bulaştığı besinlerin tüketilmesi, bu kimyasal maddelerin canlı dokularında tutulma konsantrasyonuna bağlı olarak çeşitli sağlık problemlerine sebep olabilmektedir (Türközü ve Şanlıer, 2014).

Ag, As, Al, Cd, Pb, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Se, Zn gibi ağır metallerin düşük miktarları bile kanserojen etkisine neden olabilmektedir. Bu elementlerin bir kısmı ağır metal olarak ifade edilmekte ve bu metallerin bazıları mikro besin elementi olarak da canlılar tarafından kullanılmaktadır (Aksoy vd., 2005; Leblebici ve Özyürek, 2017). Ağır metaller, biyolojik döngü içerisinde en fazla zararı bitkilere vermektedir. Ağır metaller, tohum çimlenmesi, fide büyüme ve gelişimi, biyomas düşüklüğü, çiçek ve meyve oluşumunda azalma, verimlilikte düşme ve ürün kalitesinde bozulmalar gibi birçok zarara neden olabilmektedir. Bunların haricinde, ağır metaller bitkilerde fotosentez, transpirasyon, stoma hareketlerin, su alınımı, azot döngüsü, klorofil miktarının azalması, protein sentezi, membran stabilitesi, enzim aktivitesinin sekteye uğraması ve bitkiler için gerekli besleyici elementlerin alınımının engellenmesi gibi birçok hücre içi faaliyeti olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Gür vd., 2004; Munzuroğlu ve Zengin 2004; Asrı ve Sönmez, 2006; Leblebici vd, 2010; Leblebici ve Özyürek, 2017).

Yapılan çalışmada; 5 farklı bölgeden toplanan *M. alba* (Akdut) bitkisi ile yetiştığı topraklardan elde edilen veriler ışığında; çeşitli organlarındaki (yaprak ve meyve) ağır metal birikimini tespit etmek, ayrıca dutların yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örnekleri arasındaki farklılıkları belirleyerek bölgelerin

kirlilik boyutlarını ortaya çıkarmak hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Dut taksonomik olarak, Urticales takımının, *Morus* cinsinin Moraceae familyasında yer almaktadır. Bu familyanın en az 24 türü ve 1 alt türü bulunmaktadır (Tutin, 1996; Ercisli ve Orhan, 2007). Ayrıca bu cinsin Urticales takımı ve süper takım Hamamelidanae'e ait Moraceae familyası içinde olduğu da ifade edilmiştir (Takhtajan, 1980). Ülkemizde *Morus alba*, *Morus nigra* ve *Morus rubra* türleri yaygın olmakla birlikte Türkiye'nin Anadolu Bölgesi'nde geniş yayılışa sahiptir (Ercisli ve Orhan, 2007). Dut, farklı iklim ve toprak koşullarına uyumu yüksek olması sebebiyle, birçok bölgede yetişebilen bir meyve türüdür. Dut, besleyici yönüyle önemli vitamin ve enerji kaynağıdır (Erdoğan ve Pırlak, 2005). Dut meyvesi taze ve kurutulmuş olarak tüketilmesinin yanında, meyvesinden reçel, pestil, dut ezmesi, pekmez, cevizli sucuk, sirke, dondurma imalatı, meyve suyu, ispirto gibi ürünler de elde edilebilmektedir. Bunların haricinde, dut yaprağı ipekböceklerin geviş getiren hayvanların ve balıkların beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Trujillo, 2002; Erdoğan ve Pırlak, 2005). Ülkemizde hemen hemen her ilde dut üretimi yapılmakta olup %10.00'lük üretim payı ile Malatya ili üretimde ikinci sıradadır (Erdoğan ve Pırlak, 2005).

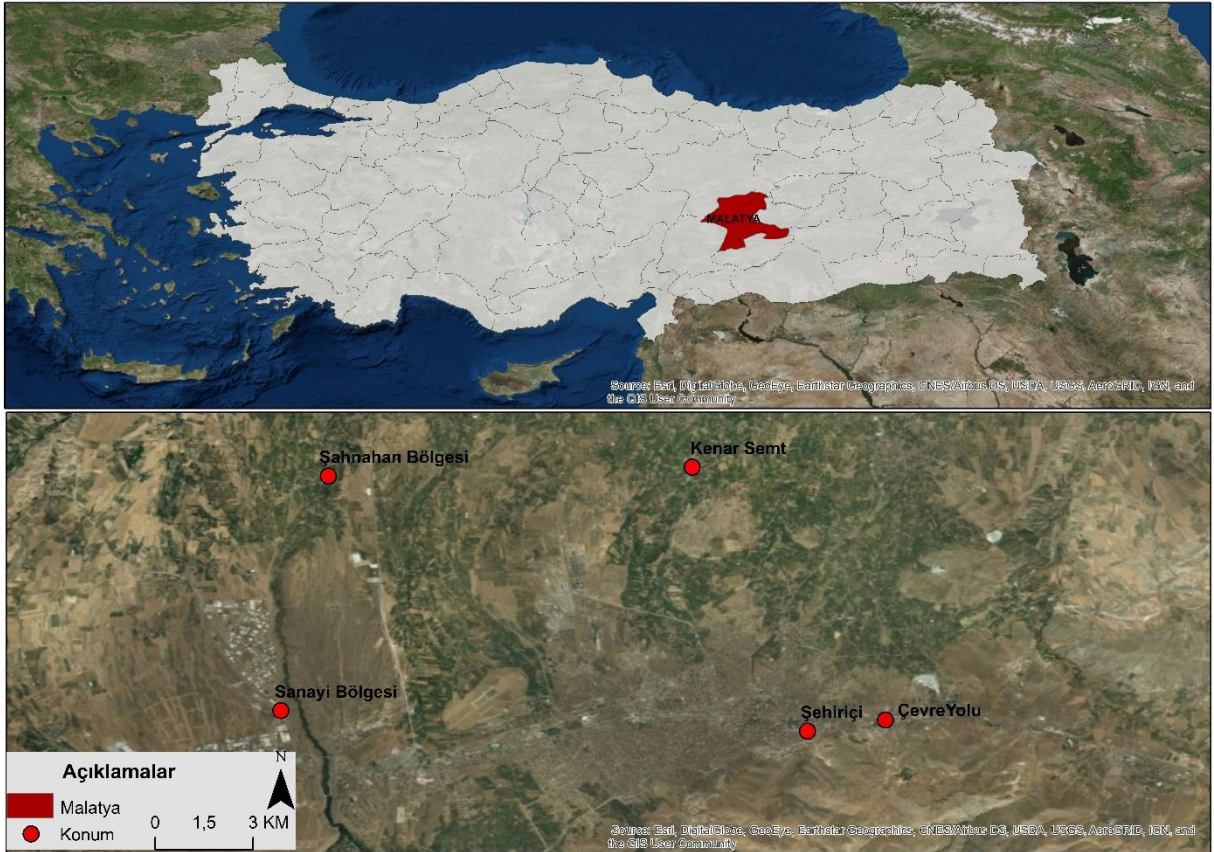
Malatya ilinin 5 farklı bölgesinden (Kenar semt, Sanayi çevresi, Çevre yolu, Şehir içi, Şaynahan Beldesi) yeteri kadar toplanan bitki ve toprak örnekleri laboratuvara getirilmiştir (Şekil 1). Örnekler, 2017 yılının temmuz ayında toplanmıştır. Bitki örnekleri toplanırken ağaçların yaşlarına ile morfolojik özelliklerine dikkat edilmiştir. Toprak ve bitki örneklerinin alındığı bölgeler not edilerek ayrı ayrı paketlenmiştir.

Öncelikle yaprak örneklerinin bir kısmı distile su ve belirli periyotlarla analizleri yapılan

şebeke suyunda yıkanmıştır. Sonrasında bitkiye ait kısımlar etüvide 80 °C'de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnekler havanda toz haline dönüştürülmüştür. Toprak örnekleri, dutların yetiştiği bölgelerin yüzey kısmından itibaren 10 cm'lik mesafeden, çapa kullanılarak ve kontaminasyonlara karşı korunarak yaklaşık 500 g alınmıştır. Laboratuvar da topraklar yere serilip hava kuru su ile iyice kurutulmuştur. Daha sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiştir (Karakoyun ve Osm a, 2015).

Laboratuvar ortamında kurutulmuş toz haline getirilen bitkiye ait kısımlar ve toprak örneklerinden 0,5 g alınmıştır ve mikrodalg a kapları içine konulmuştur. Bitki numuneleri üzerine 6 mL HNO₃ %65, 2 mL H₂O₂ %30 oranında eklenirken, toprak numuneleri

üzerine 3 mL HNO₃ %65, 9 mL HCl %37 oranında eklenmiştir. Örnekler 10 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda homojenizesyonu yapılmıştır. Kaplar, mikrodalgaya konulduktan sonra 15 dakika 45 bar basınç ile 200 °C'ye kadar asit ortamda çözündürülmüştür. Kap içerisinde yakılmış olan örnekler balon jöjeye aktararak 50 mL'ye tamamlanmıştır. 50 mL'ye tamamlanmış olan örneklerden teflon filtre kullanılarak 10 mL çekilmiştir. Son olarak, element seviyelerini belirlemek için örnekler falkon kaplara yerleştirilerek ICP-MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometre) metal konsantrasyonları dry weight olarak, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Temel Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde belirlenmiştir (Yavuzer ve Osm a, 2018).



Şekil 1. Çalışma alanı

Yapılan çalışmada elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Veriler, SPSS 22 Paket İstatistik Programı ile %95'lik güven aralığında ortalamaları

hesaplanarak, ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda, farklılığın belirlenmesi için Tukey HSD ve Dunnett t (2-sided) testi kullanılmıştır (Karakoyun ve Osm a, 2015).

3. Sonuçlar ve Tartışma

Yapılan çalışmada, Malatya'da 5 farklı bölgede yetişen dut ve yetiştikleri topraklardaki ağır metal birikimi araştırılmış olup bitkide olması gereken değerlerden yüksek olup olmadığı tespit edilmiştir. Elde

edilen veriler incelendiğinde Cd konsantrasyonu (0,01-2 µg/g dw) toprakta, Fe konsantrasyonu bitki ve toprakta olması gereken değerler bitkide (60-140 µg/g dw), toprakta (50-300 µg/g dw) arasında olması gerekirken daha fazla olduğu belirlenmiştir (Ross, 1994; Kabada Pendias, 1992).

Tablo 1. Farklı bölgelerden toplanan dutların meyve ve yaprakları ile yetiştiği topraktaki Fe, Cu, Mn, Zn, Ni konsantrasyonu (µg/g dw) (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık)

| Element | Bölge | Yıkanmamış | | Meyve | Toprak |
|---------|------------|-----------------|---------------|---------------|-------------------|
| | | Yıkanmış Yaprak | Yaprak | | |
| Fe | Şehir İçi | 89,46 ± 0,98 | 264,19 ± 5,25 | 32,23 ± 1,01 | 16380,15 ± 130,17 |
| | Sanayi | 60,84 ± 0,20 | 124,94 ± 0,85 | 87,07 ± 6,37 | 20875,82 ± 163,96 |
| | Çevre Yolu | 105,70 ± 2,31 | 204,76 ± 2,77 | 93,56 ± 15,31 | 17950,66 ± 505,31 |
| | Kenar Semt | 56,13 ± 2,87 | 105,45 ± 1,97 | 74,28 ± 10,55 | 13207,53 ± 217,14 |
| | Şaynahan | 54,56 ± 10,94 | 164,95 ± 2,27 | 31,25 ± 3,19 | 18016,71 ± 402,75 |
| | | *** | *** | *** | *** |
| Cu | Şehir İçi | 5,90 ± 0,04 | 6,72 ± 0,06 | 4,51 ± 0,07 | 50,94 ± 0,61 |
| | Sanayi | 4,19 ± 0,01 | 4,54 ± 0,12 | 3,44 ± 0,01 | 26,26 ± 0,32 |
| | Çevre Yolu | 6,22 ± 0,05 | 7,93 ± 0,25 | 5,93 ± 0,56 | 36,63 ± 0,35 |
| | Kenar Semt | 5,87 ± 0,04 | 4,91 ± 0,02 | 5,06 ± 0,09 | 33,62 ± 0,65 |
| | Şaynahan | 3,79 ± 0,67 | 5,66 ± 0,06 | 4,48 ± 0,04 | 21,40 ± 0,80 |
| | | *** | *** | *** | *** |
| Mn | Şehir İçi | 21,97 ± 0,34 | 32,47 ± 0,70 | 5,86 ± 0,18 | 353,27 ± 3,29 |
| | Sanayi | 76,38 ± 1,41 | 85,86 ± 0,35 | 6,06 ± 0,08 | 632,68 ± 4,11 |
| | Çevre Yolu | 45,61 ± 0,67 | 58,37 ± 0,50 | 7,36 ± 0,82 | 394,53 ± 8,14 |
| | Kenar Semt | 30,57 ± 0,29 | 29,50 ± 0,52 | 5,97 ± 0,21 | 329,76 ± 2,46 |
| | Şaynahan | 47,18 ± 7,22 | 60,97 ± 1,42 | 5,51 ± 0,09 | 454,96 ± 28,14 |
| | | *** | *** | ** | *** |
| Zn | Şehir İçi | 17,94 ± 0,32 | 20,22 ± 1,03 | 11,53 ± 0,23 | 198,13 ± 34,35 |
| | Sanayi | 14,79 ± 0,21 | 19,33 ± 0,37 | 12,57 ± 0,25 | 112,39 ± 0,76 |
| | Çevre Yolu | 12,85 ± 0,16 | 15,89 ± 0,17 | 14,99 ± 1,19 | 91,65 ± 0,67 |
| | Kenar Semt | 18,67 ± 0,63 | 16,37 ± 0,17 | 31,10 ± 2,20 | 127,99 ± 1,53 |
| | Şaynahan | 10,59 ± 1,63 | 13,75 ± 0,31 | 10,00 ± 0,06 | 57,56 ± 0,78 |
| | | *** | *** | *** | *** |
| Ni | Şehir İçi | 2,71 ± 0,03 | 3,06 ± 0,06 | 2,56 ± 0,02 | 61,88 ± 0,17 |
| | Sanayi | 3,25 ± 0,05 | 3,34 ± 0,03 | 1,67 ± 0,03 | 68,65 ± 0,72 |
| | Çevre Yolu | 3,07 ± 0,03 | 3,39 ± 0,03 | 3,25 ± 0,40 | 69,71 ± 1,59 |
| | Kenar Semt | 3,75 ± 0,05 | 3,31 ± 0,05 | 3,70 ± 0,06 | 55,10 ± 0,56 |
| | Şaynahan | 3,35 ± 0,49 | 4,86 ± 0,09 | 3,20 ± 0,07 | 61,71 ± 0,45 |
| | | *** | *** | *** | *** |

Fe konsantrasyonu, en düşük 31,25±3,19 µg/g dw ile meyvede, en yüksek 264,19±5,25 µg/g dw değeri ile yıkanmamış yapraklarda görülmüştür. Bitkide, Fe miktarı şehir içi ve

çevre yolu çevresinde daha yüksek olup toprakta ise 20.875,82±163,96 µg/g dw miktarı ile sanayi bölgesi civarında daha fazladır. Cu konsantrasyonu, 3,44±0,01 µg/g

dw ile en düşük meyvede, $7,93 \pm 0,25$ $\mu\text{g/g}$ dw değeri ile en yüksek yıkanmamış yapraklarda tespit edilmiştir. Bitkide, Cu miktarı en fazla şehir içi ve çevre yolu çevresinde iken toprakta ise $50,94 \pm 0,61$ $\mu\text{g/g}$ dw miktarı ile şehir içindedir. Mn konsantrasyonu, en düşük $5,51 \pm 0,09$ $\mu\text{g/g}$ dw ile meyvede, en yüksek $85,86 \pm 0,35$ $\mu\text{g/g}$ dw değeri ile yıkanmamış yapraklarda tespit edilmiştir. Mn konsantrasyonu, toprakta $632,68 \pm 4,11$ $\mu\text{g/g}$ dw değerinde olup hem bitkide hemde toprakta sanayi bölgesinde yüksektir. Zn miktarı, en düşük $10 \pm 0,06$ $\mu\text{g/g}$ dw ile

meyvede, en yüksek $21,63 \pm 1,03$ $\mu\text{g/g}$ dw değeri ile yıkanmamış yapraklarda tespit edilmiştir. Zn konsantrasyonu, toprakta $198,13 \pm 34,35$ $\mu\text{g/g}$ dw değerinde olup hem bitkide hemde toprakta sanayi bölgesinde yüksektir. Ni konsantrasyonu, en düşük $1,67 \pm 0,03$ $\mu\text{g/g}$ dw ile meyvede, en yüksek $4,86 \pm 0,09$ $\mu\text{g/g}$ dw değeri ile yıkanmamış yapraklarda tespit edilmiştir. Ni miktarı, toprakta $69,71 \pm 1,59$ $\mu\text{g/g}$ dw değerindedir. En fazla Ni miktarı bitkide Şaynahan beldesi civarında iken, toprakta sanayi bölgesindedir (Tablo 1).

Tablo 2. Farklı bölgelerden toplanan dutların meyve ve yaprakları ile yetiştigi topraktaki Al, Co, Cr, Cd, Pb konsantrasyonu ($\mu\text{g/g}$ dw) (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ anlamlılık)

| Element | Bölge | Yıkanmış Yaprak | | Yıkanmamış Yaprak | | Meyve | | Toprak | |
|---------|------------|-----------------|------------|-------------------|------------|-------|------------|---------|-------------|
| Al | Şehir İçi | 37,18 | \pm 1,60 | 90,68 | \pm 4,78 | 19,98 | \pm 0,31 | 5811,60 | \pm 97,08 |
| | Sanayi | 34,41 | \pm 1,84 | 78,87 | \pm 2,47 | 42,11 | \pm 0,78 | 7451,03 | \pm 73,25 |
| | Çevre Yolu | 43,76 | \pm 1,58 | 86,00 | \pm 3,60 | 41,46 | \pm 6,53 | 6923,11 | \pm 97,43 |
| | Kenar Semt | 24,48 | \pm 1,77 | 64,98 | \pm 3,74 | 25,24 | \pm 1,49 | 4665,28 | \pm 49,58 |
| | Şaynahan | 37,48 | \pm 4,87 | 88,67 | \pm 1,18 | 25,60 | \pm 2,23 | 6951,94 | \pm 37,56 |
| | | *** | | *** | | *** | | *** | |
| Co | Şehir İçi | 0,34 | \pm 0,05 | 0,40 | \pm 0,03 | 0,35 | \pm 0,03 | 12,49 | \pm 0,53 |
| | Sanayi | 0,35 | \pm 0,03 | 0,36 | \pm 0,02 | 0,34 | \pm 0,02 | 16,75 | \pm 0,15 |
| | Çevre Yolu | 0,42 | \pm 0,05 | 0,36 | \pm 0,03 | 0,38 | \pm 0,03 | 12,39 | \pm 0,26 |
| | Kenar Semt | 0,25 | \pm 0,03 | 0,26 | \pm 0,02 | 0,33 | \pm 0,04 | 10,20 | \pm 0,06 |
| | Şaynahan | 0,33 | \pm 0,03 | 0,33 | \pm 0,02 | 0,18 | \pm 0,02 | 14,59 | \pm 0,49 |
| | | *** | | ** | | *** | | *** | |
| Cr | Şehir İçi | 0,24 | \pm 0,02 | 0,44 | \pm 0,02 | 0,23 | \pm 0,03 | 41,64 | \pm 0,69 |
| | Sanayi | 0,27 | \pm 0,02 | 0,51 | \pm 0,02 | 0,41 | \pm 0,02 | 48,46 | \pm 0,74 |
| | Çevre Yolu | 0,37 | \pm 0,02 | 0,66 | \pm 0,02 | 0,56 | \pm 0,10 | 43,48 | \pm 0,56 |
| | Kenar Semt | 0,37 | \pm 0,04 | 0,79 | \pm 0,02 | 0,30 | \pm 0,01 | 40,27 | \pm 0,48 |
| | Şaynahan | 0,37 | \pm 0,02 | 0,43 | \pm 0,04 | 0,33 | \pm 0,03 | 44,87 | \pm 0,79 |
| | | *** | | *** | | | | *** | |
| Cd | Şehir İçi | 0,05 | \pm 0,00 | 0,06 | \pm 0,01 | 0,04 | \pm 0,00 | 8,21 | \pm 0,23 |
| | Sanayi | 0,03 | \pm 0,01 | 0,05 | \pm 0,01 | 0,02 | \pm 0,01 | 10,06 | \pm 0,13 |
| | Çevre Yolu | 0,02 | \pm 0,00 | 0,04 | \pm 0,00 | 0,03 | \pm 0,01 | 8,55 | \pm 0,25 |
| | Kenar Semt | 0,02 | \pm 0,00 | 0,07 | \pm 0,02 | 0,04 | \pm 0,01 | 6,37 | \pm 0,11 |
| | Şaynahan | 0,03 | \pm 0,01 | 0,02 | \pm 0,00 | 0,03 | \pm 0,01 | 8,37 | \pm 0,21 |
| | | *** | | * | | *** | | *** | |
| Pb | Şehir İçi | 2,26 | \pm 0,30 | 2,43 | \pm 0,22 | 4,13 | \pm 0,30 | 76,15 | \pm 16,24 |
| | Sanayi | 5,25 | \pm 0,40 | 6,33 | \pm 0,43 | 4,72 | \pm 0,28 | 117,06 | \pm 8,99 |
| | Çevre Yolu | 0,49 | \pm 0,17 | 0,59 | \pm 0,17 | 3,08 | \pm 0,51 | 63,86 | \pm 9,09 |
| | Kenar Semt | 2,81 | \pm 0,57 | 2,63 | \pm 0,45 | 3,77 | \pm 0,21 | 12,60 | \pm 2,24 |
| | Şaynahan | 3,55 | \pm 0,18 | 3,72 | \pm 0,51 | 2,21 | \pm 0,35 | 102,92 | \pm 9,98 |
| | | ** | | *** | | *** | | *** | |

Al konsantrasyonu en düşük değeri bitkinin meyve kısmında $19,98 \pm 0,31$ $\mu\text{g/g}$ dw, en

yüksek değeri ise $90,68 \pm 4,78$ $\mu\text{g/g}$ dw yıkanmamış yapraklarda tespit edilmiştir. Al

miktarı, bitkide en fazla çevre yolu ile şehir içi bölgesinde iken, toprakta ise $7451,03 \pm 73,25$ $\mu\text{g/g dw}$ miktarı ile sanayi bölgesinde yüksek çıkmıştır. Co konsantrasyonu, en düşük meyvede $0,18 \pm 0,02$ $\mu\text{g/g dw}$, en yüksek $0,40 \pm 0,03$ $\mu\text{g/g dw}$ yıkanmamış yapraklarda belirlenmiştir. Co miktarı bitkide en fazla çevre yolu ile şehir içi bölgesinde iken, toprakta ise $16,75 \pm 0,15$ $\mu\text{g/g dw}$ miktarı ile sanayi bölgesinde yüksek olduğu görülmektedir. Cr konsantrasyonu, en düşük meyvede $0,23 \pm 0,03$ $\mu\text{g/g dw}$, en yüksek $0,79 \pm 0,02$ $\mu\text{g/g dw}$ ile yıkanmamış yapraklarda belirlenmiştir. Cr miktarı bitkide en fazla çevre yolu ile kenar semt bölgesinde iken, toprakta ise $48,46 \pm 0,74$ $\mu\text{g/g dw}$ miktarı ile sanayi bölgesinde yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Cd konsantrasyonu, en fazla yıkanmamış yapraklarda olup bitkide Cd miktarı çevre yolu ile kenar semt bölgesinde en yüksektir. Toprakta ise $10,06 \pm 0,13$ $\mu\text{g/g dw}$ miktarı ile sanayi bölgesinde yüksek olduğu belirlenmiştir. Pb konsantrasyonu, en düşük $2,21 \pm 0,35$ $\mu\text{g/g dw}$ ile meyvede, en yüksek $6,33 \pm 0,43$ $\mu\text{g/g dw}$ ile değeri yıkanmamış yapraklarda görülmüştür. Bitkide Pb konsantrasyonu sanayi çevresinde en yüksektir. Toprakta ise $10,06 \pm 0,13$ $\mu\text{g/g dw}$ miktarı ile sanayi bölgesinde yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Yapılan bu çalışmada elde edilen bütün veriler istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Yapılan istatistiksel analizlerde, bölgeler arasında dutlara ait yaprak ile meyve örneklerinde ve bunların yetiştiği toprak örneklerinde her ağır metal için güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Başlangıçta, dutların yaprakları ikiye ayrılarak bir kısmı yıkanmıştır. Yıkanmış yapraklar ile yıkanmamış yapraklar arasındaki farklara bakıldığında, çalışılan bölgelerdeki yıkanmamış yapraklarda genelde bir artış görülmüştür.

Elde edilen veriler, daha önce yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

Tuna (2011) zeytin meyvesinde yaptığı çalışmada elde ettiği Fe, Cu, Zn, Ni, Pb konsantrasyonları, bu çalışmada elde edilen verilerden daha düşüktür. Amanoslarda (Hatay) 2002-2005 yılları arasında toplanan (*Salvia viridis*, *Salvia verticillaten* L. subsp. *amasiaca*, *Salvia sericeo-tomentosa*, *Salvia tomentosa*, *Sideritis pumila*, *Sideritis syriaca*, *Sideritis libanotica*, *Arbutus andrachne*, *Calutea cilicia*, *Chamaecystis casius*, *Hypericum hircinum* L., *Hypericum lanugosum* var. *scabrellum*, *Hypericum confetum* subsp. *stenobotrus*, *Hypericum amblysepalum*, *Hypericum perforatum*, *Myrtus communis*, *Tymus cilicicus*, *Tymus eigii*, *Laurus nobilis*, *Helichrysum sanguineum*, *Glycyrrhiza glabra*, *Pyracantha coccinea*, *Ononis viscosa*, *Alcea striata* subsp. *rufescens*, *Phlomis viscosa*, *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas*, *Urtica urens*, *Olea europea*, *Capparis spinosa*, *Thymbra spicata*) bitkilerinde yapmış oldukları çalışmada elde ettikleri veriler ile çalışmada elde edilen veriler kıyaslandığında Pb, Mn miktarı düşük, Cd, Cr, Cu, Zn, Fe, Ni miktarı daha yüksektir (Ergün vd., 2010). Leblebici ve Özyürek (2017), sulamaya bağlı olarak yetiştirilen sebzelerde elde etmiş oldukları element verileri, dutlarda elde edilen verilerden oldukça düşüktür. Bu çalışmada belirlenen ağır metal düzeyleri, daha önce yapılan kiraz, kayısı, elma ve armut gibi meyve ağaçlarının yapraklarındaki Fe, Cu, Pb miktarından düşük, Mn, Ni, Cd, Zn miktarıyla örtüşmektedir (Lermi, 2009). Farklı kayısı tiplerinde elde edilmiş veriler ile bu çalışmada elde edilen veriler incelendiğinde Fe konsantrasyonu paralel, Cu, Zn, Cr, Co konsantrasyonu ise yüksek düzeydedir (Dağ vd., 2016). Elde edilen veriler, zeytinin yaprakları ve meyvelerinde tespit edilen element verileri ile birbirine oldukça yakındır (Gürel ve Başar, 2014). Micic vd. (2013), 3

farklı *Morus* türünde yaptıkları çalışmada Cd haricindeki diğer elementler, bu çalışmada elde edilen element konsantrasyonlarından daha dūřuktur. Pehlvan vd. (2012) yol kenarlarında yetişen *Morus alba*'nın yaprak ve meyvelerinde tespit edilen Ni, Pb konsantrasyonu yapılan bu çalışmada elde edilen element verilerinden dūřuk, Cd, Cr, Co, Pb, Cu ve Zn konsantrasyonları ile paraleldir. Yapılan çalışmada tespit edilen veriler ile Pakistan da elma, kayısı, muz, limon, mango gibi farklı meyvelerde yapılan metal analizlerinde elde edilen veriler kıyaslandığında Cr konsantrasyonu haricinde, diğer elementlerin konsantrasyonu örtüşmektedir (Zahir vd., 2009). Ercisli ve Orhan (2007) *Morus alba*, *Morus nigra* ve *Morus rubra* meyvelerinde Fe, Cu, Zn ve Mn elementlerinin konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Elde ettikleri veriler, bu çalışmada elde edilen veriler ile genelde örtüşmektedir. Yapılan çalışmada elde edilen veriler ile dut yapraklarında elde edilmiş veriler kıyaslandığında Zn, Cd ve Cu konsantrasyonlarının paralel, Pb miktarının ise yüksek olduğu tespit edilmiştir (Alahabadi vd., 2017).

İnsanoğlu tarafından günümüzde üretilen ve tüketilen birçok kimyasal madde bulunmaktadır. Bu maddelerin ekosisteme bulaşma yolları ve ekosistem üzerindeki zararlı etkilerini önlemeye yönelik araştırmaların yapılması gerekmektedir. Ağır metallerin türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak canlı bünyesinde birikmesi sonucunda canlılarda çeşitli problemler oluşabilmektedir. Yapılan alışma sonucunda, dutların meyvesi ile yapraklarında ve yetiştikleri topraklarda ağır metal konsantrasyonunun dikkat edilmediğinde toksik düzeye çıkabileceği görülmektedir. Bu ağır metallerin daha yüksek seviyelere çıkmaması için ciddi önlemler alınmalı, özellikle insanların tüketmiş olduğu meyve ve sebzelerin kirlilik faktörlerinden uzak bölgelerde yetiştirilmesine özen

gösterilmelidir. Ayrıca, ağır metal kirlenmesinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak veya azaltmak için ilgili kurum ve kuruluşların tedbir alması önemlidir. Yapılan çalışmaya benzer çalışmalar, ülkemizin farklı bölgelerinde belirli zaman aralıklarında tekrarlanmalı ve besinlerin kirlilik düzeyleri izlenmelidir.

4. Sonuç

Bu alışma, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yürütölen Yüksek Lisans tez çalışmasından elde edilmiş olup Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi BAP (FYL-2018-587) No'lu proje tarafından desteklenmiştir.

5. Kaynaklar

Aksoy, A., Demirezen, D., Duman, D. 2005. Bioaccumulation, detection and analyses of heavy metal pollution in Sultan Marsh and its environment. *Water Air Soil Pollution*, 164, 241-255.

Alahabadi, A., Ehrampoush, M.H., Miri, M., Aval, H.E., Yousefzadeh, S., Ghaffari, H.R., Ahmadi, E., Talebi, P., Fathabadi, Z.A., Babai, F.A., Nikoonahad, A., Sharafi, K., Hosseini-Bandegharaei, A. 2017. A comparative study on capability of different tree species in accumulating heavy metals from soil and ambient air. *Chemosphere*, 172, 459-467

Asri, F.Ö., Sönmez, S. 2006. Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. *Derim*, 23(2), 36-45.

Dağ, B., Tarakı, Z., Demirkol, M. 2016. Effect of some total phenolic, antioxidants, physico-chemical properties, mineral and heavy metal content of apricots drying types. *Batman Üniversitesi, Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(2/2), 238-250.

Ercisli, S., Orhan, E. 2007. Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*)

- mulberry fruits. Food Chemistry, 103, 1380–1384.
- Erdoğan, Ü., Pırlak, L. 2005. Ülkemizde Dut (*Morus* spp.) Üretimi ve Değerlendirilmesi. Alatarım, 4(2), 38-43.
- Ergün, N., Yolcu, H., Karanlık, S., Dikkaya, E. 2010. Amanoslar’da (Hatay) YetiŖen Bazı Bitki Türlerinde Ağır Metal Birikimi ve Mineral İçerik Üzerine Bir ÇalıŖma. Biyoloji Bilimleri AraŖtırma Dergisi, 3(2), 121-127.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö., Çobanoğlu, D. 2004. Ağır Metal İyonlarının (Cu⁺², Pb⁺², Hg⁺², Cd⁺²) *Clivia* sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi, 16(2), 177-182.
- Gürel, S., BaŖar, H. 2014. Metal Status of Olive Trees Grown in Southeastern Marmara Region of Turkey. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45,1464–1479.
- Kabata-Pendias A, Pendias H. 2000. Trace Elements in Soils and Plants. CRC. Press, London (1992), New York, 215-349.
- Karakoyun, G., Osmalı, E. 2015. Erzincan’da Hava Kirliliğine Bağlı Olarak Sarı Çamlarda (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven.) Ağır Metal Birikimi. GÜFBED, 5, 67-77.
- Leblebici, Z., Aksoy, A., Duman, F. 2010. Influence of nutrient addition on growth and accumulation of cadmium and copper in *Lemna gibba*. Chemical Speciation and Bioavailability, 22(3), 157-164.
- Leblebici, Z., Özyürek, F. 2017. NevŖehir’de Farklı Su Kaynaklarıyla Sulanan Sebzelerde Ni, Cu Ve Pb Birikimi. Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(2), 184-195.
- Lermi, A. 2009. GümüŖköy-Maden (UlukıŖla-Niğde) Bölgesindeki Toprak, Su ve Bitkilerde Maden Atıklarından Kaynaklanan Ağır Metal Kirlilik Düzeyleri. 1.Tıbbi Jeoloji ÇalıŖtay1, 30 Ekim–1 Kasım.
- Micić, R.J., Dimitrijević, D.S., Kostić, D.A., Stojanović, G.S., Mitić, S.S., Mitić, M.N., Pavlović, A.N., Ranđelović, S.S. 2013. Content of Heavy Metals in Mulberry Fruits and Their Extracts-Correlation Analysis. American Journal of Analytical Chemistry, 4, 674-682
- Munzuroğlu, O. Geçkil, H. 2002. Effects of Metals of Seed Germination, Root Elongation and Coleoptile and Hypocotyl Growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 43, 203-217.
- Munzuroğlu, F.K., Zengin, Ö. 2004. Effects of lead (Pb⁺⁺) and copper (Cu⁺⁺) on the growth of root, shoot and leaf of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 17, 1-10.
- Pehlivan, M., Karlıdag, H., Turan, M. 2012. Heavy metal levels of mulberry (*Morus alba* L.) grown at different distances from the roadsides The Journal of Animal & Plant Sciences, 22(3), 665-670.
- Ross, S.M. 1994. Sources and Forms of Potentially Toxic Metals in Soil–Plant Systems. Toxic Metals in Soil–Plant Systems, Wiley, England, 3-26.
- Takhtajan, A.L. 1980. Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). The Botanical Review, 46(3), 226-349.
- Trujillo, F.U. 2002. Mulberry for Rearing Dairy Heifers. Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper, 147, 203-206.
- Tuna, B. 2011. Tekirdağ İli Ŗarköy Yöresinde YetiŖtirilen Zeytinlerde Bazı Ağır Metaller İle Mikrobesein Elementlerinin Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Tutin, T.G. 1996. *Morus* L. In: *Flora Europaea*, Vol. 1. Psilotaceae to Platanaceae,

G.T. Tutin, N.A. Burges, A.O. Chater, J.R. Edmondson, V.H. Heywood, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters, D.A. Webb (Eds.), Cambridge University Press, Port Melbourne, Australia.

Türközü, D., şanlıer, N. 2014. Gıdalardaki Ağır Metal Kontaminasyonları: Bulaşma Kaynakları, Sağlık Riskleri ve Ulusal/Uluslararası Standartlar. *Electronic Journal of Food Technologies*, 9(3), 29-46.

Yavuzer, H., Osma, E. 2018. *Salix fragilis* L. (Gevrek Söğüt)' in Ağır Metal Kirlenmesinde Biyomonitör Olarak Değerlendirilmesi, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 7(2), 122-129.

Zahir, E. 2009. Iftikhar Imam Naqvi and Sheikh Mohi Uddin Market Basket Survey of selected metals in fruits from Krachi city (Pakistan) *Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(2), 47-52.