

Nevşehir’de Farklı Su Kaynaklarıyla Sulanan Sebzelere Ni, Cu Ve Pb Birikimi

Zeliha LEBLEBİCİ*¹, Fatih ÖZYÜREK²

¹Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik
Bölümü, 50300, Nevşehir, Türkiye

²Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, 50300, Nevşehir,
Türkiye

(Geliş Tarihi/Received: 31.07.2017, Kabul Tarihi/Accepted: 15.09.2017)

ÖZ

Ağır metaller canlı organizmalarda birikme eğilimi göstererek, belirli kısımlarda yığılmaları ve yoğun miktarlara ulaşabilmeleri mümkün olmaktadır. Çalışmamızda; 4 farklı bitki türü, (*Lycopersicon esculentum* Mill. (domates), *Capsicum annuum* L. (biber), *Allium cepa* L. (soğan), *Phaseolus vulgaris* L. (fasulye)), bu bitkilerin yetiştikleri topraklardan ve sulardan (kuyu, ırmak, kanal, dere) örnekler toplanmıştır. Örneklerdeki Nikel (Ni), Bakır (Cu) ve Kurşun (Pb) miktarları ICP-OES cihazında belirlenmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bulgulara göre; Sulusaray’dan alınan *Lycopersicon esculentum* yaprağında 5.3583 µg g⁻¹ Ni tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)’nün belirlediği değerlere göre bazı örneklerde sınır değerlerin aşıldığı, en fazla akümüülasyonun ise kök > gövde > yaprak > meyve şeklinde olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak; Avanos istasyonunda, Kızılırmak suyu ile sulanan örneklerde en yüksek ağır metal değerleri gözlenirken, en düşük ağır metal miktarlarının ise kuyu suyu ile sulanan ve kontrol noktası olarak belirlediğimiz Kavak istasyonundaki örneklerde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağır metal akümüülasyonu, Kızılırmak, Toksik etki, Nevşehir

Ni, Cu and Pb Accumulation in Vegetables Irrigated with Different Water Sources in Nevşehir

ABSTRACT

Heavy metals tend to accumulate in living organisms, it is possible them to accumulate in certain parts and reach intense quantities. In our study; Four different plant species, (*Lycopersicon esculentum* Mill. (Tomato), *Capsicum annuum* L. (pepper), *Allium cepa* L. (onion), *Phaseolus vulgaris* L. (bean)), soil from these plants grow and water (wells, rivers, channel, stream) were collected. Nickel (Ni), Copper (Cu) and Lead (Pb) levels were determined in these samples using the ICP-OES instrument. According to the results obtained from our study; 5.3583 µg g⁻¹ Ni was detected in the *Lycopersicon esculentum* leaf collected from the Sulusaray location. According to the World Health Organization (WHO), some vegetables have exceeded their limit values, the maximum accumulation form was found to be root > stem > leaf > fruit. As a result; it was determined that the highest heavy metal values were generally found at the Avanos station, which was watered with Kızılırmak water, while the lowest heavy metal contents were found in the samples at the Kavak station, which is the control point and was watered with the well water

Keywords; Heavy metal accumulation, Kızılırmak, Toxic effect, Nevşehir

1. Giriş

Çevre kirliliğinin en önemli nedenlerinden birisi olarak önemi gün geçtikçe artan endüstrileşme ve nüfustaki yoğun artış, yaşamın üç temel gereksinimi olan toprak, su ve havanın kirlenmesine yol açmıştır. Kirliliğe sebep olarak; nüfus artışı ile tarımsal işlemlerin fazlaşması, üretim sınırının zorlanması, ambalaj vs atıkların gün geçtikçe çeşit ve miktarlarının sürekli artması gösterilebilir. Bu faaliyetler sonucu ise çevrede yoğun miktarlarda ağır metal birikimi meydana gelebilir ve bu durum insanlar hayvanlar ve bitkiler gibi tüm canlılar açısından geri döndürülemez sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilir (Özmert, 2005). Ağır metaller; bitki, hayvan ve insanları da içerisine alan tüm canlı organizmalar için, canlı hayatının devamlılığı ve kalitesi açısından, sağlık durumunu etkilemesi nedeniyle büyük önem taşırlar. Bu nedenle ağır metallerin akümülyasyon ile birikim göstermeleri ve bu birikimin sebepleri önemli çevre sorunudur (Demir ve Aydın, 2000). Çünkü ağır metaller vücutta lipid metabolizmasına veya proteinlere bağlanarak birikirler. Kısa veya uzun zaman zarfında, toksik etki yaparak canlının sağlık açısından olumsuz etkilenmesine neden olurlar (Özmert, 2005). Düşük miktarda bile kanserojen etki yapabilen bu metalleri; Ag, As, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, Zn, Cd, Al, Fe, Cu oluşturmaktadır. Söz konusu elementlerin çoğu ağır metal grubuna girmekte ve bu metallerin büyük bir kısmı mikro besin elementi olarak da kullanılmaktadır (Özmert, 2005; Demir ve Aydın, 2000; Aksoy vd., 2005; Phalsson,

1989). Ağır metaller biyolojik döngü içinde en önemli zararlarını bitkilerde meydana getirmektedir. Bitki dokularında aşırı biriktikleri zaman canlılıkla ilgili çeşitli büyüme süreçlerinin değişmesine sebep olurlar (Leblebici vd., 2010). Bitkilerin metabolik süreçlerini olumsuz etkilemeleri yanında, hücresel zarlarda hasar, hormon dengesinin bozulması, su ilişkisinin değişmesi gibi fizyolojik değişiklikler gözlenebilir (Leblebici vd., 2010). Çalışmamızda; farklı lokalitelerden toplanmış olan *Lycopersicon esculentum* (domates), *Capsicum annum* (biber), *Phaseolus vulgaris* (fasulye) ile *Allium cepa* (soğan) bitkileri, bitkilerin yetiştikleri topraklar ve sulama suyu örneklerinden yararlanılarak;

1-Bitkilerin çeşitli organlarının (kök, gövde, yaprak ve meyve) ne derece ağır metal kirliliğine maruz kaldıklarını belirlemek,

2-Kirlilik kaynaklarının çeşitlerini, yani nelerden kaynaklandığını, sebepleri ile araştırmak,

3-Kızılrnak suyu ile atık su havzalarının ağır metal birikimine olan etkinliğini belirlemek,

4-Nevşehir'in çeşitli bölgelerinde, Ni, Cu ve Pb ağır metallerinin neden olduğu çevre kirliliğinin boyutlarını gözlemek amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Coğrafi konumu

Çalışma alanı İç Anadolu bölgesinde Nevşehir ili sınırları içerisinde, Nevşehir ilinde Kızılrnak havzası ve atık su tahliye bölgeleri asıl inceleme alanımızdır oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İstasyonların birbirine göre konumları

(<https://Maps.Google.Com/Maps/Ms?Hl=Tr&İe=UTF8&Msa=o&Dg=Feature>).

Nevşehir ilinde Kızılırmak'ın geçiş güzergâhı ve çevresinde yaptığımız bu çalışmada 4 ayrı istasyon belirlenmiştir. Bunlar Avanos, Nar, Sulusaray ve Kavak Kasabasıdır. Bu lokasyonların belirlenme sebebi; Şekil.1'de de görüldüğü üzere şehir ana tahliye suyunun Nar lokasyonunu geçerek atık su arıtma tesisine, akabinde Sulusaray lokasyonuna ardından da Avanos lokasyonuna yani Kızılırmak'a boşalıyor olması ve bu lokasyonlarda da yoğun olarak sebze yetiştiriciliği yapılmasıdır. Farklı su kaynaklarıyla sulanan sebzeler (Avanos=ırmak, Nar=dere, Sulusaray =kanal ve Kavak =kuyu) örnek olarak belirlenmiştir.

2.2. Materyal

Bu çalışmada Nevşehir yöresinin farklı bölgelerinden (Avanos, Kavak, Sulusaray, Nar) kirlenmenin olabileceği 3'er istasyon belirlenerek 2012-2013 güz döneminde, toplanan *Lycopersicon esculentum* (domates), *Capsicum annuum* (biber),

Phaseolus vulgaris (fasulye) ile *Allium cepa* (soğan) bitkileri, bunların yetiştiği toprak ve sulama suyu örnekleri materyal olarak kullanılmıştır. Tüm bitki numuneleri yöresel, bölgede geniş alanlarda tarımı yapılan, tanıdık pazar ürünlerinden seçilmiş olup, gıda maddesi olarak tüketilen türlerdir. Sistematikteki en yaygın bölgesel tür isimleri seçilmiş olup varyeteler üzerinde durulmamıştır.

2.3. Materyallerin Toplanması

Bitki örneklerinden, alınan çiçekli numuneler kurutularak tür teşhisi yapılmıştır. Bitki örnekleri önce çeşme suyuyla daha sonrada 2 kez çift distile suyla yıkanmış ve etüvde 24 saat 80 °C'de kurutulmuştur. Örneklerin ağır metal dağılımını tek düzeleştirmek amacıyla kurutulan örnekler porselen havanda ezilerek karıştırılmıştır (Leblebici ve Aksoy, 2011).

Toprak örnekleri her istasyondan yaklaşık yüzeyden 10 cm ve bitki kökünün çevresinden 15 cm derinlikten alınmıştır. Laboratuvara getirilen toprak örnekleri yedi gün boyunca aralıklı olarak karıştırılarak kurutulmuş, bu süre sonunda kurutulmuş örnekler 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Sulama suyu örnekleri taban suyu ile sulanan bölgelerde direkt sulama havuzundan, ırmak suyuyla sulanan bölgelerde sulanan havza içerisinden, arıtma tesisi sonrası kanallardan özellikle tarla girişi ve yakınından 2-5lt'lik örnekler alınarak, çeşme suyu ve saf su baz alınarak değerlendirilmiştir (Özyürek, 2016).

2.4. Materyaller İçin Çözündürme işlemi ve Ağır metal ölçümü

Kurutulmuş, ezilen bitki örnekleri 0,5 g tartılarak, üzerine 10 ml HNO₃ eklenip CEM-MARS çözündürme cihazında 200 PSI basınçta ve 180 °C'de çözülmüştür. Asit ortamda çözündürülen örnekler 15 ml'lik tüplere aktarılmış ve santrifüj edildikten sonra çift distile su ile üzerleri 25 ml'ye tamamlanmıştır. Toprak örnekleri de 0,5 g tartılarak, üzerine 10 ml HNO₃ eklenip CEM-MARS cihazında 180 PSI basınçta ve 180 °C'de çözme işlemi yapılmıştır. Asit ortamda çözündürülen örnekler 15 ml'lik tüplere aktarılmış ve santrifüj edildikten sonra çift distile su ile üzerleri 25 ml'ye tamamlanmıştır. Standart çözeltileri hazırlandıktan sonra tüm örneklerin ağır metal miktarları ICP-OES cihazında belirlenmiştir (Aksoy vd., 2012).

İstatistik hesaplamaları için SPSS 18 istatistik programı kullanılmıştır. 3'er tekrarlı okunan örneklerin ortalama,

standart sapma, minimum ve maksimum değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen verilerin değerlendirilmesinde ANOVA testi kullanılmıştır.

3. Bulgular

Çalışmamızda; Nevşehir ili sınırları içerisinde kalan ve özellikle Kızılırmak havzası ile Nar atıksu arıtma tesisi çevresindeki tarımsal arazilerden toplanan örnekler incelenmiştir. Bitki örnekleri yaprak, gövde, kök ve meyve kısımlarına ayrılarak analiz edilmiştir. Ayrıca istasyonlardan alınan toprak ve sulama suyu örnekleriyle de kıyaslanarak, ağır metal seviyeleri belirlenmeye çalışılmış, belirlenen miktarlar Toprak kontrol yönetmeliği, WHO-FAO ve Su kirliliği kontrol yönetmeliği kriterleriyle karşılaştırılarak yorumlanmıştır (Tablo 1).

3.1. Bakır

Tablo 2 ve 5 incelendiğinde Sulusaray, Kavak, Avanos ve Nar istasyonlarında bulunan fasulye, domates, biber, soğan, toprak ve sudaki Cu konsantrasyonları görülmektedir. Tablo 2 incelendiğinde en düşük Cu konsantrasyonu Sulusaray istasyonundaki soğan yaprağında 0,0707 µgg⁻¹, en yüksek Cu konsantrasyonu ise Avanos istasyonundan alınan biber kökünde 0,5143 µgg⁻¹ gözlenmiştir (p<0,05). Tablo 5 incelendiğinde, çalışmadaki en düşük Cu konsantrasyonu Nar istasyonundaki su örneğinde 0.0313 µgg⁻¹, en yüksek Cu konsantrasyonu ise Avanos istasyonundan alınan toprak örneğinde 0.7503 µgg⁻¹ gözlenmiştir (p<0,05). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini

karşılaştığımızda topraklardaki Cu miktarının sınır değerleri aşmadığını görmekteyiz (Tablo 1). WHO'nun bitkilerde bulunması gereken Cu sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Cu miktarlarını karşılaştığımızda, bitki örneklerinin sınır değerleri aşmadığını görülmektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, Cu açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir (Tablo 5).

3.2. Nikel

Tablo 3 ve 5 incelendiğinde Sulusaray, Kavak, Avanos ve Nar istasyonlarında bulunan fasulye, domates, biber, soğan, toprak ve sudaki Ni konsantrasyonlarını göstermektedir. Tablo 3 incelendiğinde en yüksek Ni konsantrasyonunun Sulusaray'dan toplanan domates yaprağında ($5,3583\mu\text{gg}^{-1}$) bulunduğu, en düşük Ni konsantrasyonunun ise Kavak istasyonu soğan yaprağında ($0,0037\mu\text{gg}^{-1}$) bulunduğu görülmektedir ($p<0,05$). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştığımızda, topraklardaki Ni miktarının sınır değerleri aşmadığını görmekteyiz (Tablo 5). WHO'nun bitkilerde bulunması gereken Ni sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Ni miktarlarını karşılaştığımızda sadece Sulusaray'dan toplanan domates yaprağında değer, sınır değer üstünde olduğu görülmektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, Ni açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir (Tablo 5).

3.3. Kurşun

Tablo 4 ve 5 incelendiğinde Sulusaray, Kavak, Avanos ve Nar istasyonlarında bulunan fasulye, domates, biber, soğan, toprak ve sudaki Pb konsantrasyonlarını göstermektedir. Tablo 4 incelendiğinde en yüksek Pb konsantrasyonunun Avanos'dan toplanan domates kökünde ($0,1190\mu\text{gg}^{-1}$) bulunduğu, en düşük Pb konsantrasyonunun ise Nar istasyonu Soğan yaprağında ($0,0057\mu\text{gg}^{-1}$) bulunduğu görülmektedir. ($p<0,05$). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştığımızda, topraklardaki Pb miktarının sınır değerleri aşmadığını görmekteyiz (Tablo 1, 5). WHO'nun bitkilerde bulunması gereken Pb sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Pb miktarlarını karşılaştığımızda Pb miktarının sınır değerleri aşmadığı görülmektedir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, Pb açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir (Tablo 5).

4. Sonuçlar ve Tartışma

Ağır metallerin toprakta birikime uğraması sonucu, bitki bünyesindeki belirli metabolik olaylardan; fotosentez, solunum, iletim, büyüme ve gelişme olumsuz seviyede değişmekte, ayrıca bozulan besin zinciri nedeniyle de hayvan ve insan sağlığı önemli düzeyde değişmektedir (Osma vd., 2012a; Kukul vd., 2007). Bununla birlikte, bitkisel ürünlerde çeşitli aşamalarda bulaşan ve insan sağlığı için zararlı olabilecek her türlü maddenin (ağır metal, toksin vb) bulaşma

yollarının ve önleme çarelerinin araştırılması gerekmektedir (Yılmaz, 2005). Çalışmamızda; Nevşehir bölgesindeki ağır metal kaynaklarının incelenmesi amacıyla bölgede doğal olarak yetişen 4 farklı bitki türünden (Fasulye-Soğan-Domates-Biber), bitkilerin yetiştikleri topraklardan ve çalışma alanındaki sulama sularından (kuyu, Irmak, dere, kanal) örnekler toplanmış ve örneklerde Cu, Ni ve Pb düzeyleri saptanmıştır. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçları değerlendirdiğimizde; topladığımız bitki örnekleri içerisinde, istasyonlar arasında en yüksek ağır metal miktarları genel olarak Avanos istasyonunda, en düşük değerler ise kontrol olarak kabul ettiğimiz Kavak istasyonunda tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

WHO'nun bitkilerde bulunması gereken ağır metal sınır değerleriyle (Cu, Ni ve Pb) bitki örneklerimizdeki ağır metal miktarlarını karşılaştırdığımızda Ni haricinde ağır metal miktarlarının sınır değerleri aşmadığı görülmektedir (Tablo 1). Nikel'de ise sadece Sulusaray istasyonundan toplanan domates yaprağında sınır değerinin aşıldığı tespit edilmiştir (Tablo 3). Birikimin en fazla kökte daha sonra gövdede ve yaprakta olduğu en az ise meyvede yoğunlaştığı tesbit edilmiştir. Çalışmamızda bazı bitkilerin farklı kısımlarında bu kaideye uymayan birikimlerin olduğu da görülmüştür (Tablo 2-4). İstasyonlardan alınan toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde (Tablo 5) genel olarak en yüksek değerlerin Avanos istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değerlerin ise kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz

Kavak istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda ağır metaller açısından toprak örneklerimizin sınır değerlerini aşmadığı (Tablo 1, 5) görülmektedir. İstasyonlardan alınan su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde (Tablo 5) genel olarak en yüksek değerlerin Nar'dan alınan su örneğinde, en düşük değerlerin ise kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz Kavak istasyonundan alınan su örneğinde olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, toplanan su örneklerinde, ağır metaller açısından genel itibariyle sulama suyu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir (Tablo 1). Osma vd., (2013), yaprakları sebze olarak tüketilen örneklerde en fazla Cu miktarını şehir merkezi çevresinde yetiştirilmekte olan pazıda ($5,19 \mu\text{g/g dw}$), en az ise maydanozda ($1,79 \mu\text{g/g dw}$) tespit etmişlerdir (Osma vd., 2013a). Çalışmamızdaki sebzelerde tespit edilen Cu değerleri, daha düşük seviyededir. Sebze örneklerinden elde etmiş olduğumuz Cu verileri, benzer çalışmalardan (Osma vd., 2012b; Osma vd., 2013b; Akan vd., 2009; Kachenko ve Singh, 2006) elde edilen verilerle paralel düzeyde iken, sebzelerde yapılan diğer çalışmaların (Demirezen ve Aksoy, 2006; Prabu, 2009) elde etmiş oldukları verilerden oldukça düşüktür. Osma vd. (2013a), meyve olarak tüketilen sebze türlerinde en fazla Ni miktarını yol kenarı çevresinde yetiştirilmekte olan fasulyede ($14,78 \mu\text{g/g dw}$), en az ise biberde ($3,35 \mu\text{g/g}$

dw) tespit etmişlerdir. Çalışmamızda en yüksek Ni konsantrasyonunun Sulusaray'dan toplanan domates yaprağında ($5,3583\mu\text{g}\text{g}^{-1}$) bulunduğu ve bu çalışma ile değerlerin benzerlik gösterdiği görülmektedir. Sebzelerden elde ettiğimiz Ni verilerine baktığımızda; benzer çalışmaların (Osma vd., 2012b; Osma vd., 2013b; Akan vd., 2009; Kachenko ve Singh, 2006; Demirezen ve Aksoy, 2006; Prabu, 2009) verileri ile benzerlik gösterirken, Srinivas vd., (2009)'nin yapmış olduğu çalışma verilerinden daha yüksektir (Srinivas vd., 2009). Osma vd., (2013a), yaprakları sebze olarak tüketilen örneklerde en fazla Pb miktarını sanayi tesisleri çevresinde yetiştirilmekte olan pazıda ($40.06\mu\text{g}/\text{g dw}$), en az ise maydanozda ($37.86\mu\text{g}/\text{g dw}$) tespit etmişlerdir (Osma vd., 2013a). Çalışmamızdaki sebzelerde tespit edilen Pb değerleri, daha düşük seviyededir.

Sebzelerden elde ettiğimiz Pb verilerine baktığımızda; Akan vd., (2009)'nin elde etmiş oldukları veriler ile paralel iken, benzer çalışmaların (Osma vd., 2012b; Osma vd., 2013b; Kachenko ve Singh, 2006; Demirezen ve Aksoy, 2006; Prabu, 2009) yapmış olduğu çalışma verilerinden daha düşüktür.

Metz ve Wilke, (1992) yaptıkları araştırmada atık sularla sulanan bitkilerde ağır metal derişimlerini gözlemlemişler ve *Zea mays* bitkisinin ağır metal akümülyasyonu ve ürün miktarına, toprak kirlenmesinin etkisinin olup olmadığını saptamaya çalışmışlardır. Araştırma sonucunda toprak meydana gelen kirlilik artışına bağlı olarak bitkinin Cd, Cu,

Pb ve Zn miktarında arttığı, bu değişimin Cu ve Pb'ye göre Cd ve Zn'da daha da yüksek olduğunu gözlemişlerdir (Metz ve Wilke, 1992). Bizim çalışmamızda da Avanos istasyonunda Kızılırmak suyu ile sulanan alanlarda ağır metal miktarının diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Chaudri vd., (1992), *Trifolium repens* L. bitkisini inceledikleri çalışmada; atıksu ve rafineri atıkları ile sulama işleminin devamında, sulama miktarı arttıkça Cd, Cu, Fe, Cr, Mn, Ni, Pb ve Zn miktarlarının bitki ve yetiştiği toprakta arttığını gözlemlemişlerdir (Chaudri vd., 1992). Araştırmamızda en yüksek değerlerin Kızılırmak Suyuyla sulanan Avanos istasyonunda olduğu gözlemlenmiştir. Söz konusu durumun ırmak üzerinde kurulu sanayi ve diğer tesislerden veya aşırı derecede kimyasal ilaç ve gübre kullanılan tarım uygulamaları sonucu kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çünkü seçilen araziler ana yollara uzak mesafelerdedir. Özellikle şehir yerleşkesinin bitip, tarımsal sulamanın başladığı lokaliteler istasyon olarak seçilmiştir.

5. Öneriler

Yaptığımız çalışma sonucunda; sebzelerde ve yetiştikleri topraklarda ağır metal miktarının olması gereken sınır değerler içerisinde bulunduğunu belirtebiliriz. Bu ağır metallerin daha yüksek düzeylere çıkmaması için gerekli önlemler alınmalı, sebzeler trafiğin yoğun olduğu yol kenarları, sanayi tesislerinden ve kirliliğin daha yüksek olabileceği şehir merkezlerinden uzak olmalı, sebzelerin sulamasına ve pestisit kullanımına

da dikkat edilmelidir. Araştırmamız giderilmesine veya hiç değilse azaltılmasına sonucunda elde ettiğimiz bulguların, ağır yönelik her türlü tedbirin alınmasına katkı metal kirliliğinin olumsuz etkilerinin sunacağı düşünülmektedir.

Tablo 1. Ağır metallerin toprakta, sulama suyunda ve bitkilerdeki sınır değerleri (μgg^{-1}).

Element	Toprak kontrol yönetmeliğine göre ağır metal alt ve üst sınır değerleri (μgg^{-1}) (TSP, 2001).	WHO'nun Bitkilerde kabul ettiği ağır metal sınır değerleri (μgg^{-1}) (FAO/WHO, 2003).	Su kirliliği kontrol yönetmeliği sulama suyu sınır değerler (μgg^{-1})(Resmi gazete, 1991).
Cu	50-140	5	0,2
Ni	30-75	5	0,2
Pb	50-300	2	5,0

Tablo 2. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Cu konsantrasyonlarına ait ANOVA sonuçları (μgg^{-1}).

Bitki	Kısım	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Domates	Kök	0,2687 ^(b)	0,3150 ^(c)	0,1247 ^(a)	0,1900 ^(a)
	Gövde	0,0747 ^(a)	0,2307 ^(c)	0,0780 ^(a)	0,1183 ^(b)
	Yaprak	0,1520 ^(a)	0,4280 ^(c)	0,1677 ^(b)	0,1503 ^(a)
	Meyve	0,1970 ^(b)	0,1513 ^(b)	0,0983 ^(a)	0,2583 ^(c)
Soğan	Kök	0,1563 ^(b)	0,1933 ^(c)	0,1563 ^(b)	0,1283 ^(a)
	Gövde	0,1693 ^(b)	0,1447 ^(b)	0,1723 ^(b)	0,0707 ^(a)
	Yaprak	0,1153 ^(c)	0,0837 ^(b)	0,0480 ^(a)	0,1120 ^(c)
Biber	Kök	0,2393 ^(b)	0,5143 ^(c)	0,1190 ^(a)	0,2540 ^(b)
	Gövde	0,0823 ^(a)	0,1903 ^(b)	0,0617 ^(a)	0,1823 ^(b)
	Yaprak	0,0733 ^(a)	0,3697 ^(c)	0,0647 ^(a)	0,1483 ^(b)
	Meyve	0,1047 ^(b)	0,2700 ^(c)	0,0620 ^(a)	0,2330 ^(c)
Fasülye	Kök	0,1193 ^(a)	0,1377 ^(b)	0,1273 ^(b)	0,1130 ^(a)
	Gövde	0,0850 ^(a)	0,2260 ^(c)	0,1033 ^(b)	0,1173 ^(b)
	Yaprak	0,0917 ^(a)	0,2197 ^(c)	0,1310 ^(b)	0,1633 ^(b)
	Meyve	0,0853 ^(a)	0,2330 ^(c)	0,0603 ^(a)	0,1660 ^(b)

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ (ANOVA) seviyesinde bitki kısımlarına göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 3 Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Ni konsantrasyonlarına ait ANOVA sonuçları (μgg^{-1}).

Bitki	Kısım	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Domates	Kök	0,1130 ^(b)	0,1977 ^(c)	0,0413 ^(a)	0,0390 ^(a)
	Gövde	0,0123 ^(a)	0,0490 ^(c)	0,0213 ^(b)	0,0167 ^(a)
	Yaprak	0,0660 ^(a)	0,0827 ^(b)	0,0437 ^(a)	5,3583 ^(c)
	Meyve	0,0253 ^(a)	0,0363 ^(b)	0,0260 ^(a)	0,0493 ^(b)
Soğan	Kök	0,0340 ^(a)	0,0620 ^(b)	0,0493 ^(a)	0,0680 ^(b)
	Gövde	0,0390 ^(b)	0,0477 ^(c)	0,0200 ^(a)	0,0157 ^(a)
	Yaprak	0,0037 ^(a)	0,0340 ^(c)	0,0247 ^(b)	0,0273 ^(b)
Biber	Kök	0,1090 ^(b)	0,3043 ^(c)	0,0503 ^(a)	0,0547 ^(a)
	Gövde	0,0297 ^(a)	0,0637 ^(b)	0,0200 ^(a)	0,0227 ^(a)
	Yaprak	0,0293 ^(a)	0,0887 ^(c)	0,0317 ^(b)	0,0270 ^(a)
	Meyve	0,0270 ^(a)	0,0767 ^(b)	0,0250 ^(a)	0,0227 ^(a)
Fasülye	Kök	0,0430 ^(b)	0,1080 ^(c)	0,0343 ^(a)	0,0403 ^(b)
	Gövde	0,0290 ^(a)	0,0590 ^(c)	0,0213 ^(a)	0,0367 ^(b)
	Yaprak	0,0350 ^(a)	0,2127 ^(c)	0,0570 ^(b)	0,0583 ^(b)
	Meyve	0,0233 ^(a)	0,0943 ^(c)	0,0337 ^(b)	0,0247 ^(a)

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ (ANOVA) seviyesinde bitki kısımlarına göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Çalışma alanındaki 4 farklı istasyondan alınan Pb konsantrasyonlarına ait ANOVA sonuçları (μgg^{-1}).

Bitki	Kısım	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Domates	Kök	0,0293 ^(a)	0,1190 ^(c)	0,0243 ^(a)	0,0397 ^(b)
	Gövde	0,0153 ^(a)	0,0297 ^(b)	0,0150 ^(a)	0,0367 ^(c)
	Yaprak	0,0307 ^(b)	0,0403 ^(c)	0,0330 ^(b)	0,0230 ^(a)
	Meyve	0,0197 ^(a)	0,0310 ^(c)	0,0247 ^(b)	0,0237 ^(b)
Soğan	Kök	0,0200 ^(b)	0,0193 ^(b)	0,0293 ^(c)	0,0163 ^(a)
	Gövde	0,0187 ^(a)	0,0227 ^(c)	0,0187 ^(a)	0,0213 ^(b)
	Yaprak	0,0207 ^(c)	0,0257 ^(c)	0,0057 ^(a)	0,0177 ^(b)
Biber	Kök	0,0403 ^(b)	0,1063 ^(c)	0,0230 ^(a)	0,0403 ^(b)
	Gövde	0,0147 ^(a)	0,0247 ^(b)	0,0233 ^(b)	0,0167 ^(a)
	Yaprak	0,0787 ^(c)	0,0427 ^(b)	0,0210 ^(a)	0,0273 ^(a)
	Meyve	0,0150 ^(a)	0,0237 ^(b)	0,0263 ^(b)	0,0220 ^(b)
Fasülye	Kök	0,0240 ^(b)	0,0780 ^(c)	0,0170 ^(a)	0,0227 ^(b)
	Gövde	0,0173 ^(a)	0,0330 ^(b)	0,0210 ^(b)	0,0257 ^(b)
	Yaprak	0,0407 ^(c)	0,0767 ^(d)	0,0150 ^(a)	0,0253 ^(b)
	Meyve	0,0227 ^(b)	0,0287 ^(c)	0,0180 ^(a)	0,0243 ^(b)

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ (ANOVA) seviyesinde bitki kısımlarına göre istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. İstasyonlardan alınan toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları ANOVA sonuçları ($\mu\text{gg}^{-1}/\mu\text{gl}^{-1}$)

Toprak	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Ni	0,2077 ^(a)	1,0930 ^(c)	0,2780 ^(b)	0,2040 ^(a)
Cu	0,2123 ^(a)	0,7503 ^(c)	0,3067 ^(b)	0,2243 ^(a)
Pb	0,1617 ^(a)	0,5817 ^(c)	0,1777 ^(a)	0,1930 ^(b)
Su	Kavak	Avanos	Nar	Sulusaray
Ni	0,0137 ^(b)	0,0190 ^(b)	0,0210 ^(c)	0,0093 ^(a)
Cu	0,0313 ^(a)	0,0340 ^(b)	0,0340 ^(b)	0,0343 ^(b)
Pb	0,0140 ^(a)	0,0240 ^(b)	0,0300 ^(c)	0,0237 ^(b)

Aynı satırda gösterilen farklı harfler $p < 0,05$ (ANOVA) seviyesinde ağır metallerle ilgili istasyonlar arasında önemli farklılığın olduğunu göstermektedir.

6. Kaynaklar

- Akan, J.C., Abdulrahman, F.I., Ogugbuaja, V.O., Ayodele, J.T. 2009. Heavy metals and anion levels in some samples of vegetable grown within the vicinity of challawa industrial area, Kano State, Nigeria, American Journal of Applied Science, 6(3), 534-542.
- 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.
- Aksoy, A., Osma, E., Leblebici, Z. 2012. Spreading pellitory (*Parietaria judaica* L.): A Possible Biomonitor of Heavy Metal Pollution (Cd, Cu, Pb, Zn). Pakistan Journal of Botany, 44:123-127.
- Chaudri, A.M., McGrath, S.P., Giller, K.E. 1992. Metal tolerance of isolates of *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* from soil contaminated by past applications of sewage sludge. Soil Biology and Biochemistry, 24(2), 82-85.
- Demir, R., Aydın, F. 2000. Foseptik atıklar ile sulanan marullarda (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia* Lam.) ağır metal miktarları üzerine bir çalışma. Ekoloji, 36, 15-17.
- Demirezen, D., Aksoy, A. 2006. Heavy metal levels in vegetables in turkey is within safe limits for Cu, Zn, Ni and exceeded for Cd and Pb. Journal of Food Quality, 29(3), 252-265.
- FAO/WHO 2003. Codex Alimentarius International Food Standards Codex Stan-179. Codex Alimentarius commission.
- Kachenko, A.G., Singh, B. 2006. Heavy metals contamination in vegetables grown in urban and metal smelter contaminated sites in Australia. Water Air, and Soil Pollution, 169, 101-123.
- Kukul, Y., Ünal, S., Ayben, D. 2007. Arıtılmış Atık Suların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44 (3): 101-116.

- 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., Aksoy, A., 2011. Growth And Heavy Metal Accumulation Capacity Of *Lemna minor* and *Spirodela polyrhiza* (Lemnaceae): Interactions With Nutrient Enrichment. *Water Air And Soil Pollution*, 214, 175-184.
- Metz, R., Wilke, B.M. 1992. Influence of soil pollution in fields irrigated with sewage on growth, yield and heavy metal uptake of maize in a pot trial, *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt Universitat zu Berlin, Reihe Agrarwisserr*, 41(3), 28-33.
- Nevşehir İlinin Coğrafi Haritası, Erişim Tarihi:10.11.2013.<https://Maps.Google.Co m/Maps/Ms?Hl=Tr&İe=UTF8&Msa=0&Dg=Feature>
- Osma, E., Serin, M., Leblebici, Z., Aksoy, A. 2012a. Heavy Metals Accumulation in Some Vegetables and Soils in Istanbul. *Ekoloji*, 21(82), 1-8.
- Osma, E., Serin, M., Leblebici, Z., Aksoy A. 2012b. Determination of Heavy Metal Concentrations in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller.) Grown in Different Station Types. *Romanian Biotechnological Letters*, 17(1), 6962-6974.
- Osma, E., Serin, M., Leblebici, Z., Aksoy, A., 2013a. 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.
- Osma, E., Serin, M., Leblebici, Z. 2013b. Şile (İstanbul)'de yetiştirilen bazı sebzelerde ağır metal birikiminin araştırılması. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 267-275.
- Özmert, S. 2005. Cu(II), Zn(II) ve Cd(II) Metallerini Sulu Çözeltilerinden Pomza ve Kompozit Kullanarak Uzaklaştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya A.B.D Yüksek Lisans Tezi*, Isparta.
- Özyürek, F. 2016. Nevşehir'de farklı su kaynaklarıyla sulanan sebzelerde ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) birikimi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji A.B.D Yüksek Lisans Tezi*, Nevşehir.
- Phalsson, A.M.B., 1989. Toxicity of heavy metals (Zn,Cu,Cd,Pb) to vascular plants. *Water, Air, Soil Pollution*, 47, 287-319.
- Prabu, P.C. 2009. Impact of heavy metal contamination of Akaki river of ethiopia on soil and toxicity on cultivated vegetable crops. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8(9), 818-827.
- Resmi Gazete, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Numune Alma Ve Analiz Metodları Tekniği, 7.1.1991 Tarihli, Sayı: 20748, 2-39.
- Srinivas, N., Rao, S.R., Kumar, K.S. 2009. Trace Metal Accumulation İn Vegetables Grown İn Industrial and semi-urban areas -A case study. *Applied Ecology Environment Research*, 7 (2), 131-139.

- Turkey Soil Pollution Control Regulation
(TSP 24609) 2001. From the Ministry of
Environment, Official Gazette, No:
24609, Date: 10.12.2001.
- Yılmaz, D. 2005. Arıtılmış Atıksuların
Tarımsal Sulama Suyu Kriterleri
Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek
Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim
Dalı, Bursa.