

Trafik Kaynaklı Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının İzlenmesinde At Kestanesi'nin (*Aesculus hippocastanum* L.) Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği

*Usability of Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) as Biomonitor for Monitoring Some Heavy Metal Concentrations Caused by Traffic*

Asma Asghar JAWED^{1*}, Adel Easa Saad ABO AISHA¹

¹Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Doktora Programı, Kastamonu

Received (Geliş Tarihi): 31.12.2018, Accepted (Kabul Tarihi): 19.01.2019
Corresponding author (Sorumlu Yazar*): moyasar@ogr.kastamonu.edu.tr

ÖZ

Çevre kirliliği modern dünyanın en önemli sorunlarından birisi haline gelmiştir. Hava kirliliğini oluşturan etmenler içerisinde ağır metaller ayrı bir öneme sahiptir. Birçok ağır metal bitkiler dahil yaşayan organizmalar için gerekli olmasına rağmen bunlar yüksek seviyelerde zararlı etkiler oluşturabilir. Bazı ağır metaller ise düşük seviyelerde bile organizmalarda ciddi toksik etkiye sahiptir. Ayrıca, ağır metaller doğada kolay kolay bozulmazlar ve insan organizmasında biyobirikme eğilimindedirler. İnsan ve çevre sağlığı açısından öneminden dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve riskli bölgelerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ağır metal kirliliğinin atmosferdeki konsantrasyonunun değişimini gösteren en önemli belirteçler biyoindikatörlerdir. Bu çalışmada trafik kaynaklı ağır metal konsantrasyonunun izlenmesinde at kestanesinin kullanılabilme potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Kastamonu ili kent merkezinde trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve trafiğin olmadığı bölgelerden toplanan yaprak, dal ve tohum örnekleri üzerinde ölçümler yapılarak Ba, Al, B, Ca, K ve Mg konsantrasyonlarının değişimi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, çalışmaya konu bütün elementlerin organel bazında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere değiştiği ayrıca Ba ve Al konsantrasyonlarının bütün organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, biyomonitor, trafik, *Aesculus hippocastanum* L.

ABSTRACT

Environmental pollution has become one of the most important problems of the modern world. Heavy metals have a special importance in air pollution. Although many heavy metal plants are required for living organisms, including plants, they can cause harmful effects at high levels. Some heavy metals have serious toxic effects on organisms even at low levels. In addition, heavy metals do not deteriorate easily in nature and are prone to bioavailability in the human organism. Because of its importance in terms of human and environmental health, monitoring of heavy metal pollution and identifying risky regions is of great importance. Bioindicators are the most important determinants of the change in the concentration of heavy metal in the atmosphere. In this study, the aim of this study is to determine the usability in potential of Horse chestnut in monitoring the heavy metal concentration caused by traffic. For this purpose, it is conducted in the city center of Kastamonu city where traffic is dense, less dense and no traffic is collected from the areas collected leaf, branch and seed samples were measured by measuring the Ba, Al, B, Ca, K and Mg concentrations were determined to change. As a result of the study, it was found that all the elements of the study were statistically significant on organelle basis with at least 95% confidence level; It was also found that the concentration of Ba and Al increased in all organelles due to traffic density.

Keywords: Heavy metal, biomonitor, traffic, *Aesculus hippocastanum* L.

GİRİŞ

Dünya nüfusu son 150 yılda tarihinde hiç olmadığı kadar artmış, bu artış köyden kente göç ile birleşerek kent merkezlerinin aşırı derecede yoğunlaşmasına sebep olmuştur (Kaya, 2002; Kaya, 2007; Kaya, 2009; Kaya ve ark., 2009; Gülez ve ark., 2007; Cetin, 2015a,b,c; Çakir ve

ark., 2016; Cetin ve Sevik, 2016a,b,c; Cetin, 2016a,b,c,d; Isinkaralar ve ark., 2017; Cetin, 2017; Kaya ve ark., 2017; Cetin ve ark., 2017a,b; Sevik ve ark., 2017a,b; Zeren ve ark., 2017 ve 2018; Kaya ve ark., 2018; Sevik ve ark., 2018a,b). Öyle ki 2030 yılına gelindiğinde dünya nüfusunun %60-90'ının kentsel alanlarda yaşayacağı tahmin edilmektedir (Cetin 2015a,b,c; Cetin

ve Sevik, 2016a,b,c; Cetin, 2016a,b,c,d; Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k; Yucedag ve ark., 2018).

Kent merkezlerinde artan nüfus, gelişen sanayi ve teknolojik gelişmeler çevre kirliliğini de beraberinde getirmiş ve çevre kirliliği modern dünyanın en önemli sorunlarından birisi haline gelmiştir (Nowak ve ark., 2005; Kaya, 2009; Kaya ve ark., 2009; Kaya, 2010; Kaya ve ark., 2015; Cetin, 2015a,b,c; Mutlu ve ark., 2016; Cetin ve Sevik, 2016a,b,c; Yücedağ ve Kaya, 2016; Sevik ve ark., 2016; Cetin, 2016a,b,c,d; Mutlu, 2016; Yücedağ ve ark., 2016; Cetin, 2017; Cetin ve ark., 2017a,b; Kaya ve ark., 2017; Yücedağ ve ark., 2017; Yücedağ ve Kaya, 2017; Varol ve ark., 2018; Yigit ve ark., 2018; Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h,i,jk; Kravkaz Kuscu ve ark., 2018a,b). Öyle ki Dünyada her yıl yaklaşık 6,5 milyon insanın hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı yaşamını yitirdiği belirtilmektedir. Havası pek çok ülkeye göre oldukça temiz kabul edilen Türkiye'de dahi 2016 yılında 29 bin kişinin hava kirliliği dolayısıyla hayatını kaybettiği rapor edilmektedir (Mossi, 2018).

Hava kirliliğini oluşturan etmenler içerisinde ağır metaller ayrı bir öneme sahiptir. Mn, Zn, Cr, Cu, Fe, Ni gibi mikrobiosinler bitkiler dahil yaşayan organizmalar için gerekli olmasına rağmen bunlar yüksek seviyelerde zararlı etkiler oluşturabilir. Hg, Cd, As ve Pb gibi metaller düşük seviyelerde bile organizmalarda ciddi toksik etkiye sahiptir (Shahid ve ark., 2017; Isinkaralar ve ark., 2017). Bunun dışında ağır metaller doğada kolay kolay bozulmazlar ve insan organizmasında biyobirikme eğilimindedirler (Turkyilmaz ve ark., 2018a,b,c,d,e).

Ağır metal kirliliğinin artmasında taşıtların önemli miktarda payı olduğu bilinmektedir. Ağır metal yayılımının en önemli kaynaklarının endüstriyel ve trafik faaliyetleri olduğu belirtilmektedir (Martley ve ark., 2004; Uzu ve ark., 2011). Yapılan pek çok çalışmada da trafik yoğunluğu ile ağır metal kirliliği arasında önemli düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir. Özellikle bitki yapraklarındaki bazı ağır metal konsantrasyonları ile trafik kaynağına olan mesafe arasında bariz bir korelasyon olduğu belirlenmiştir (Gratani ve ark., 2008; Turkyilmaz ve ark., 2018a,b,c,d,e).

İnsan ve çevre sağlığı açısından öneminden dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve riskli bölgelerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ağır metal kirliliğinin atmosferdeki konsantrasyonunun değişimini gösteren en önemli belirteçler biyoindikatörlerdir. Bitkiler toprak veya havadaki ağır metallerin bir kısmını bünyelerine alarak biriktirmekte, bu birikim düzeyinin belirlenmesi ile toprak ve havadaki ağır metal kirliliği konusunda bilgi edinilebilmektedir (Özel ve ark., 2015; Shahid ve ark., 2017; Turkyilmaz ve ark., 2018a). Bundan dolayı yüksek yapılı bitkilerin yaprakları (Monaci ve ark., 2000; Gratani ve

ark., 2008; Anicic vd., 2011), gövde kabukları (Sawidis vd., 2011), odunları (Gao ve ark., 2015) ve tohumları (Sevik ve ark., 2018) biyomonitor olarak kullanılmaktadır.

Ancak farklı ağır metaller bitkilerin organellerinde farklı seviyelerde birikebilmektedir. Bundan dolayı her bir ağır metalin bitkilerin hangi organellerinde ne düzeyde biriktiğinin belirlenerek o bitkilerin ve organellerinin biyomonitor olarak kullanılması, çalışmaların daha sağlıklı sonuçlar vermesi açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada, at kestanesi (*Aesculus hippocastanum* L.)'da bazı ağır metallerin bitki organeli ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, Kastamonu ili kent merkezinden toplanan materyaller kullanılmıştır. Öncelikle trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve trafiğin olmadığı (en az 50 m. mesafede taşıtların girebileceği alan bulunmayan) bölgeler tespit edilmiştir. Daha sonra vejetasyon mevsimi sonunda bu bölgelerdeki *Aesculus hippocastanum* L. ağaçlarından yaprak, tohum ve dal örnekleri toplanmıştır.

Laboratuvarda dal ve tohum örnekleri parçalanıp sınıflandırılarak etiketli cam kaplara alınmıştır. Daha sonra örnekler 15 gün oda kurusu hale gelene kadar bekletilmiş sonrasında ise etüvde 45°C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulan örnekler öğütülerek toz haline getirilmiş ve 0,5 g tartılarak mikrodalga için tasarlanmış tüplere konulmuştur. Örneklerin üzerine 10 ml % 65'lik HNO₃ ilave edilmiştir. Bu işlemler esnasında çeker ocakta çalışılmıştır. Hazırlanan örnekler daha sonra mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 20 dakika yakılmıştır. Tüpler işlemler tamamlandıktan sonra mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler üzerine deiyonize su ilave edilerek 50 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnekler filtre kağıdından süzülükten sonra ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur. Elde edilen veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiş, verilere varyans analizi uygulanmış, istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde farklılıklar bulunan değerlere Duncan testi uygulanarak homojen gruplar elde edilmiştir. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

BULGULAR

Çalışmaya konu *Aesculus hippocastanum* L. yaprak, tohum ve dal örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının değişimi belirlenmiş, elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış, elde edilen ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem

düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. *Aesculus hippocastanum* L. organellerinde Organelle bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Organel	Ba (ppm)	Al (ppm)	B (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)
Yaprak	55.32 c	740.56 b	59.22 c	1175.67 a	2250.67 a	5743.22 b
Tohum	3.82 a	15.11 a	10.33 a	1684.44 a	5200.89 b	3592.56 a
Dal	19.56 b	61.11 b	24.78 b	4456.11 b	2177.00 a	8204.67 c
F Değeri	33.291	58.014	38.201	34.674	7.934	21.524
Hata	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000

Tablo 1 sonuçları incelendiğinde çalışmaya konu bütün elementlerin organel bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Çalışmaya konu elementlerden K'nın organel bazında değişimi %99, diğer elementlerin organel bazında değişimi %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde ise K dışındaki bütün elementlerde tohumun ilk homojen grupta yer aldığı görülmektedir. En yüksek değerler ise

Ba, Al ve B'de yaprak, Ca ve Mg'da dal ve K'da tohumda elde edilmiştir.

Çalışmaya konu elementlerin trafik yoğunluğu bakımından değişimi belirlenmiş, elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış, elde edilen ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. *Aesculus hippocastanum* L. organellerinde Trafik yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Trafik	Ba (ppm)	Al (ppm)	B (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)
Yok	15.58	161.11	28.00	1548.67	3101.22 ab	5712.00
Az	23.46	245.00	34.56	3020.33	1929.33 a	5063.44
Yoğun	39.65	410.67	31.78	2747.22	4598.00 b	6765.00
F Değeri	2.267	1.057	0.159	2.052	3.776	1.171
Hata	0.125	0.363	0.854	0.150	0.038	0.327

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde, çalışmaya konu elementlerden sadece K'nın trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu, diğer elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin ise istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Aesculus hippocastanum L. yaprak, tohum ve dal organellerinde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi element bazında ayrı ayrı belirlenmiş, elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış, elde edilen ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. *Aesculus hippocastanum* L. organellerinde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Organel	Metal	Trafik yoğunluğu			F Değeri	Hata
		Yok	Az	Yoğun		
Yaprak	Ba (ppm)	31.73 a	54.66 b	79.56 c	19077.642	0.000
	Al (ppm)	463.67 a	673.33 b	1084.67 c	69091.872	0.000
	B (ppm)	59.33 b	78.33 c	40.00 a	4959.500	0.000
	Ca (ppm)	1176.00	1176.00	1175.00	1.500	,296
	K (ppm)	2834.33 c	1244.33 a	2673.33 b	36476.683	0.000
	Mg (ppm)	5744.00 b	5749.00 c	5736.67 a	1039.000	0.000
Tohum	Ba (ppm)	3.40 a	3.70 b	4.36 c	165.250	0.000
	Al (ppm)	3.00 a	6.00 b	36.33 c	483.211	0.000
	B (ppm)	10.67 b	6.33 a	14.00 c	199.500	0.000
	Ca (ppm)	822.00 a	2587.33 c	1644.00 b	25978.836	0.000
	K (ppm)	4945.00 b	1819.33 a	8838.33 c	97824.169	0.000
	Mg (ppm)	3985.67 c	3704.33 b	3087.67 a	3268.064	0.000
Dal	Ba (ppm)	11.63 a	12.03 a	35.03 b	549.347	0.000
	Al (ppm)	16.67 a	55.67 b	111.00 c	30333.500	0.000
	B (ppm)	14.00 a	19.00 b	41.33 c	5719.000	0.000
	Ca (ppm)	2648.00 a	5297.67 b	5422.67 c	2550312	0.000
	K (ppm)	1524.33 a	2724.33 c	2282.33 b	19161.225	0.000
	Mg (ppm)	7406.33 b	5737.00 a	11470.67 c	638075.698	0.000

Tablo 3'de görüldüğü üzere çalışmaya konu elementlerden sadece yapraklardaki Ca konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişimi istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı değildir. Bunun dışındaki bütün organellerdeki bütün elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır.

Çalışma sonuçlarına göre, Ba ve Al'in bütün organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı görülmektedir. Bunun dışındaki elementlerin konsantrasyon düzeyleri ile trafik yoğunluğu arasında bir ilişki görülmemektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma sonucunda Ba ve Al'in bütün organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Bu elementlerden Ba insan sağlığı için zararlı olabilen bir elementtir. Ba cam, seramik, televizyon tüpleri, havai fişek yapımı, kauçuk üretimi, yakıt sentezi vb. alanların yanı sıra evlerde kullanılan böcek öldürücüler, tüy dökücüler, vb. maddeler içerisinde de bulunması sebebiyle toksikolojik öneme sahiptir (Monaci ve Bargagli, 1997). İnsanlarda çoğu sağlık riski baryum sülfat veya baryum karbonat içeren havanın solunması ile oluşmaktadır. Suda çözünen Ba çok yüksek miktarlarda alınması felce ve hatta bazı durumlarda ölümlere bile neden olabilmektedir. Suda çözünen baryumun az miktarda alınması ise nefes alıp verme zorluğuna, kan basıncında artışa, sinir reflekslerinde değişikliklere, kalp ritmi değişikliklerine,

kas güçsüzlüğüne, mide tahrişine, beyinde ve karaciğerde şişkinliğe, böbrek ve kalp rahatsızlıklarına neden olabilmektedir (URL-1, 2018). Trafik yoğunluğuna bağlı olarak artış gösteren bir diğer element de Al'dir. Al'in; anemi, meme kanseri, zeka geriliği, otizm, alerji ve Alzheimer gibi bir çok hastalık ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (URL-2, 2018).

Potansiyel tehlikeleri dolayısıyla AL ve Ba ağır metal konusunda yapılan pek çok çalışmaya konu olmuştur (Monaci ve Bargagli, 1997; Zechmeister ve ark., 2005; Mingorance ve Oliva, 2006; Erdem, 2018). Yapılan çalışmalarda bitki yapraklarında Ba konsantrasyonu ile trafik kaynağına olan mesafe arasında bariz bir korelasyon olduğu belirlenmiştir (Gratani ve ark., 2008; Shahid ve ark., 2017). Ayrıca bazı bölgelerde satılan benzin ve motorin içerisinde de Ba olduğu belirlenmiştir (Monaci ve Bargagli, 1997). Al ile trafik yoğunluğu arasındaki ilişkinin varlığı da çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur (Elfantazi ve ark., 2018)

Çalışma sonuçları, çalışmaya konu bütün elementlerin organel bazında önemli ölçüde değiştiğini ortaya koymaktadır. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda, bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunun tür ve bitki organeline bağlı olarak önemli ölçüde değişebildiği ortaya konulmuştur (Emamverdian ve ark., 2015; Dimitrijević ve ark., 2016; Shahid, 2017; Turkyilmaz ve ark., 2018d,e).

Bitkiler dünyanın en önemli canlı gruplarının başında gelmektedir çünkü dünyadaki canlı yaşamı doğrudan

veya dolaylı olarak bitkilere bağlıdır (Yigit ve ark., 2014; 2016a,b). Bitkiler buldukları ortamda hava kirliliğini ve gürültüyü azaltır (Sevik ve ark., 2016; Cetin ve Sevik, 2016a,b), psikolojik olarak olumlu yönde etkiler (Cetin, 2015a,b), enerji tasarrufu sağlar (Cetin, 2015c), ekonomik kaynaktır (Tunçtaner ve ark., 2007; Sevik, 2011; 2012), erozyonu önler, rüzgarın hızını azaltır ve daha pek çok ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonu yerine getirir (Özel ve Ertekin, 2012; Cetin ve Sevik, 2016c; Guney ve ark., 2016; Guney ve ark., 2017). Bundan dolayı bitkilerin yayılışı, fizyolojisi, morfolojisi vb konularda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Sevik ve ark., 2012; 2013; Sevik ve Cetin, 2015)

Bu fonksiyonlarına ek olarak bitkiler havadaki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla kullanılabilirler. Bundan dolayı çeşitli bitkilerin biyomonitor olarak kullanılabilme olanaklarına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır (Turkyılmaz ve ark., 2018a,b)

Bu güne kadar yapılan çalışmalarda bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının ve dolayısıyla bitkilerin ağır metal biriktirme potansiyellerinin bitki anatomik yapısı ile yakından ilişkili olduğu, bitki bünyesine ağır metal alımının büyük ölçüde bitki yapraklarının morfolojisi ve yüzey alanı, tutunan metalin kimyasal ve fiziksel formları, yaprakların yüzey dokusu, stoma sayısı ve büyüklüğü, bitki habitusu, maruz kalma süresi, çevresel koşulları ve gaz değişimi, havadaki partikül madde yoğunluğu gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir (Beckett ve ark., 2000; Taylor ve ark., 2000). Bunların yanında bitkilerde ağır metal konsantrasyonunu etkileme ihtimali olan bitkinin alt türü, formu, varyetesi ve orijinleri (Kertens, 2010), bitkinin stres düzeyi (Sevik ve Karaca, 2016) hatta bitkinin genetik yapısı (Sevik, 2012) gibi pek çok faktör bulunmaktadır. Ayrıca bütün bu faktörlerin birbirleri ile etkileşimi de söz konusudur. Dolayısıyla daha detaylı bilgilere ulaşabilmek amacıyla konu ile ilgili çalışmaların çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Anicic, M., Spasic, T., Tomasevic, M., Rajsic, S., Tasic, M. (2011). Trace elements accumulation and temporal trends in leaves of urban deciduous trees (*Aesculus hippocastanum* and *Tilia* spp.). *Ecological Indicators* 11: 824-830.
- Cetin, M. (2015a). Chapter 55: Using Recycling Materials for Sustainable Landscape Planning. Book Title: *Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century*. (Edited by Recep Efe, Carmen Bizzari, Isa Cürebal, Gulnara N. Nyusupova), ISBN: 978-954-07-3999-1, ST. Kliment Ohridski University Press, Sofia, page: 783-788.
- Cetin, M. (2015b). Determining the bioclimatic comfort in Kastamonu City. *Environmental Monitoring and Assessment* 187(10): 640. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-4861-3>
- Cetin, M. (2015c). Evaluation of the sustainable tourism potential of a protected area for landscape planning: a case study of the ancient city of Pompeopolis in Kastamonu. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 22(6): 490-495. DOI: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13504509.2015.1081651>
- Cetin, M., Sevik, H. (2016a). Change of Air Quality in Kastamonu City in Terms of Particulate Matter and CO₂ Amount. *Oxidation Communications* 39(4-II): 3394-3401.
- Cetin, M., Sevik, H. (2016b). Measuring the Impact of Selected Plants on Indoor CO₂ Concentrations. *Polish Journal of Environmental Studies* 25(3): 973-979.
- Cetin, M., Sevik, H. (2016c). Evaluating the recreation potential of Ilgaz Mountain National Park in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 188(1): 52. DOI: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-5064-7>
- Cetin, M. (2016a). A Change in the Amount of CO₂ at the Center of the Examination Halls: Case Study of Turkey. *Studies on Ethno-Medicine* 10(2): 146-155.
- Cetin, M. (2016b). Sustainability of Urban Coastal Area Management: A Case Study on Cide. *Journal of Sustainable Forestry* 35(7): 527-541. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2016.1228072>
- Cetin, M. (2016c). Determination of bioclimatic comfort areas in landscape planning: A case study of Cide Coastline, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 4(9): 800-804. DOI: <http://www.agri-foodscience.com/index.php/TURJAF/article/view/872/374>
- Cetin, M. (2016d). Peyzaj Çalışmalarında Kullanılan Bazı Bitkilerde Klorofil Miktarının Değişimi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 16(1): 239-245.
- Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K. (2017a). Changes in the Particulate Matter and CO₂ Concentrations Based on the Time and Weather Conditions: The Case of Kastamonu. *Oxidation Communications* 40(1-II): 477-485.
- Cetin, M., Sevik, H., Saat, A. (2017b). Indoor Air Quality: the Samples of Safranbolu Bulak Mencilis Cave. *Fresenius Environmental Bulletin* 26(10): 5965-5970.
- Cetin, M. (2017). Change in Amount of Chlorophyll in Some Interior Ornamental Plants. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences* 3(1):11-19.
- Cetin, M., Kalayci Onac, A., Sevik, H., Sen, B., (2018a) Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa Air Quality, *Atmosphere & Health*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-018-00657-6>
- Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N. (2018b). Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental Monitoring and Assessment*. 190: 404. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6783-3>
- Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N., Ozel, H.B., Aricak, B., Varol, T. (2018c). The variable of leaf micromorphological characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(5): 3206-3211.
- Cetin, M., Sevik, H., Canturk, U., Cakir, C. (2018d). Evaluation of the recreational potential of Kutahya Urban Forest. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(5): 2629-2634.
- Cetin, M., Zeren, I., Sevik, H., Cakir, C., Akpinar, H. (2018e). A study on the determination of the natural park's sustainable tourism potential. *Environmental Monitoring and Assessment*. 190(3): 167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6534-5>

- Cetin, M., Sevik, H., Aricak, B., Celik, D.A. (2018f). Kuşadası'nda Biyokonfor; Kentsel Peyzaj Plan Kararları İçin Bir Araştırma. In book title: Kuşadası Peyzaj Değerleri, ISBN: 978-605-01-1236-8, TMMOB Peyzaj Mimarları Odası, 2018, Eds. Tanay Birisci, Ayşe Kalaycı Onac, pages 49-58, http://www.peyzaj.org.tr/resimler/ekler/a5059bd2d44bb7b_ek.pdf
- Cetin, M., Yigit, N., Ozel H.B., Sevik, H. (2018g). Chapter 47: The changing of leaf micromorphological characters grown in different growth conditions in *Buxus sempervirens* plants. In book title: Recent Researches in Science and Landscape Management (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and İsa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 665-674
- Cetin, M., Yıldırım, E., Canturk, U., Sevik H. (2018h). Chapter 25: Investigation of bioclimatic comfort area of Elazığ city centre. In book title: Recent Researches in Science and Landscape Management (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and İsa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 324-333
- Cetin, M., Cakir, C., Canturk, U., Sevik, H. (2018i). Chapter 23: Taking the decisions of the area with the geodesign of Karabük city centre. In book title: Recent Researches in Science and Landscape Management (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and İsa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 299-309
- Cetin, M., Onac, A.K., Sevik, H., Canturk, U., Akpınar, H. (2018j). Chronicles and geoheritage of the ancient Roman city of Pompeiopolis: a landscape plan. *Arabian Journal of Geosciences*. 11:798. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-018-4170-6>
- Cetin, M., Adiguzel, F., Kaya, O., Sahap, A. (2018k). Mapping of bioclimatic comfort for potential planning using GIS in Aydın. *Environment, Development and Sustainability* 20(1): 361-375. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9885-5>
- Çakir, G., Müderrisoğlu, H., Kaya, L.G. (2016). Assessing the effects of long-term recreational activities on landscape changes in Abant Natural Park, Turkey. *Journal of Forestry Research* 27(2): 453-461.
- Elfantazi, MFM., Aricak, B., Baba, FAM. (2018). Changes in Concentration of Some Heavy Metals in Leaves And Branches of *Acer Pseudoplatanus* Due to Traffic Density. *International Journal of Trend in Research and Development*, 5(2): 704-707.
- Gao, W., Jiang, W., Xiong, T., Sun, S., Gao, R. (2015). The sources apportionment of heavy metal pollution base on tree ring in Jinan. In *Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, 2015 8th International Conference on (pp. 1040-1043). IEEE.
- Gratani, L., Crescente, M.F., Varone, L. (2008). Long-term monitoring of metal pollution by urban trees. *Atmospheric Environment* 42: 8273-8277.
- Gülez, S., Kaya, L.G., Dönmez, Ş., Görmüş, S., Koçan, N. (2007). *Mugada Kıyı Alanı Peyzaj Düzenlemesi Üzerine Bir Çalışma*. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 9(12).
- Guney, K., Cetin, M., Sevik, H., Guney, B.K. (2016). Influence of germination percentage and morphological properties of some hormones practice on *Lilium martagon* L. seeds, *Oxidation Communications* 39(1-II): 466-474.
- Guney, K., Cetin, M., Guney, K.B., Melekoglu, A. (2017). The Effects of Some Hormone Applications on *Lilium martagon* L. Germination and Morphological Characters. *Polish Journal of Environmental Studies* 26(6): 2533-2538.
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Ekizler, A., İlkdogan, C. (2017). Changes in the Amounts of CO₂ and Particulate Matter in Kastamonu Province Depending on Weather Conditions and Locations, *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences* 7(3): 643-650.
- Kaya, L.G. (2002) *Cultural landscape for tourism*. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 4(4).
- Kaya, L.G. (2007) *Coastal Wetlands Protection Act: Case of Apalachicola-Chattahoochee-Flint (ACF) River*. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 9(11).
- Kaya, L.G. (2009). Assessing forests and lands with carbon storage and sequestration amount by trees in the State of Delaware, USA. *Scientific Research and Essays* 4(10): 1100-1108.
- Kaya, L.G., Cetin, M., Doygun, H. (2009). A holistic approach in analyzing the landscape potential: Porsuk Dam Lake and its environs, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 18(8): 1525-153.
- Kaya, L.G. (2010). Application of collaborative approaches to the integrative environmental planning of Mediterranean coastal zone: case of Turkey. *Journal of Faculty of Bartın Forestry*, 12(18): 21-32.
- Kaya, L.G., Yücedağ, C., Duruşkan, Ö. (2015). Burdur Gölü Havzasının Çevresel Açidan İrdelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 6(1): 6-10.
- Kaya, L.G., Yücedağ, C., Bingöl, B. (2017). Usage of Ineffective Mining Quarries for Recreational Purposes: The Case Study of Burdur City, Turkey. *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University* 8(2): 184-190.
- Kaya, E., Agca, M., Adiguzel, F., Cetin, M. (2018). Spatial data analysis with R programming for environment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. DOI: <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1470896>
- Kaya, L.G., Kaynakci-Elinc, Z., Yucedag, C., Cetin, M. (2018). Environmental outdoor plant preferences: a practical approach for choosing outdoor plants in urban or suburban residential areas in Antalya, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(12): 7945-7952.
- Kravkaz Kuscu, I.S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., Savaci, G. (2018a). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(3): 1613-1617.
- Kravkaz Kuscu, I.S., Cetin, M., Yigit, N., Savaci, G., Sevik, H. (2018b). Relationship between Enzyme Activity (Urease-Catalase) and Nutrient Element in Soil Use. *Polish Journal of Environmental Studies* (27)5: 2107-2112. DOI: 10.15244/pjoes/78475
- Martley, E., Gulson, B.L., Pfeifer, H.R. (2004). Metal concentrations in soils around the copper smelter and surrounding industrial complex of Port Kembla, NSW, Australia. *Science of the Total Environment* 325: 113-127.
- Mingorance, M.D., Oliva, S.R. (2006). Heavy Metals Content in *N. Oleander* Leaves As Urban Pollution Assessment. *Environmental Monitoring and Assessment* 119(1-3): 57-68.

- Monaci, F., Bargagli, R. (1997). Barium and other trace metals as indicators of vehicle emissions. *Water, Air, and Soil Pollution* 100(1-2): 89-98.
- Monaci, F., Moni, F., Lonciotti, E., Grechi, D., Bargagli, R. (2000) Biomonitoring of airborne metals in urban environments: new tracers of vehicle emission, in place of lead. *Environmental Pollution* 107(3): 321-327.
- Mossi, M.M.M. (2018). Determination of Heavy Metal Accumulation In Some Shrub Formed Landscape Plants, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, PhD Thesis, Kastamonu, Turkey.
- Mutlu, E. (2016). The effects of lead-induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fresenius Environmental Bulletin* 25(5):1419-1427
- Mutlu, E., Demir, T., Yanik, T., Anca Sutan, N. (2016). Determination of environmentally relevant water quality parameters in Serefiye Dam-Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 25(12):5812-5818
- Nowak, D.J., Walton, J.T., Dwyer, J.F., Kaya, L.G., Myeong, S. (2005). The Increasing Influence of Urban Environments on US Forest. *Journal of Forestry* 103(8):377-382.
- Ozel, H.B., Ozel, 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.
- 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.
- Sevik, H. (2011). Dalların Karakterleri Bakımından Noel Ağacı Üretimine Uygun Uludağ Göknaarı Populasyonlarının Belirlenmesi, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 11(1): 102-107.
- Sevik, H. (2012). Variation in seedling morphology of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bormmulleriana* Mattf.), *African Journal of Biotechnology* 11(23): 6389-6395.
- Sevik, H., Guney, D., Karakas, H., Aktar G. (2012). Change to amount of chlorophyll on leaves depend on insolation in some landscape plants, *International Journal of Environmental Sciences* 3(3): 1057-1064.
- Sevik, H., Karakaş, H., Karaca Ü. (2013). Color - Chlorophyll relationship of some indoor ornamental plant, *International Journal of Engineering Science & Research Technology* 2 (7): 1706-1712.
- Sevik, H., Cetin, M. (2015). Effects of Water Stress on Seed Germination for Select Landscape Plants, *Polish Journal of Environmental Studies* 24(2): 689-693.
- Sevik, H., Cetin, M., İsinkaralar, K. (2016a). Bazı İç Mekan Süs Bitkilerinin Kapalı Mekanlarda Karbondioksit Miktarına Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4(2): 493-500.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, Ö. (2016). Effect of Light on Young Structures of Turkish Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bormmulleriana*). *Oxidation Communications* 39(1-II): 485-492.
- Sevik, H., Ahmida, E.A., Cetin, M. (2017a). Chapter 31: Change of the Air Quality in the Urban Open and Green Spaces: Kastamonu Sample. In book title: *Ecology, Planning and Design*. Eds: Irina Koleva, Ulku Duman Yuksel, Lahcen Benaabidate, St. Kliment Ohridski University Press, ISBN: 978-954-07-4270-0, pp. 409-422
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu O., Aricak, B., Canturk, U. (2017b). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bormmulleriana* mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin* 26(11): 6579-6587.
- Sevik, H., Ozel, H.B., Cetin, M., Ozel H.U., Erdem T. (2018a). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health* DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-018-0641-x>
- Sevik, H., Cetin M., Yigit, N. (2018b). Chapter 46: The changing leaf micromorphological characters grown in different growth conditions in *Prunus cerasifera* ehrh. In book title: *Recent Researches in Science and Landscape Management* (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and Isa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 654-663
- Shahid, M., Dumat, C., Khalida, S., Schreck, E., Xiong, T., Nabeel 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.
- Tunçtaner, K., Özel, H.B., Ertekin, M. (2007). Bartın Yöresindeki Ağaçlandırma Alanlarında Kullanılan Yerli ve Yabancı Türlerin Adaptasyon Yetenekleri Üzerine Araştırmalar. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 9(11): 11-225.
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., İsinkaralar, K., Saleh, E.A.A. (2018a). 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>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M. (2018b). The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*. 14(1):115-120. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11355-017-0335-9>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., İsinkaralar, K., Cetin M. (2018c) Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition. *Environmental Science and Pollution Research*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3962-2>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., Saleh E.A.A. (2018d). Changes in Heavy Metal Accumulation Depending on Traffic Density in Some Landscape Plants. *Polish Journal of Environmental Studies* 27(5): 2277-2284.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., İsinkaralar, K., Cetin, M. (2018e). Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environmental Monitoring and Assessment* 190: 578. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6956-0>
- URL1, 2018: Erisim 10 Aralık 2018. <http://www.food-info.net/tr/metal/barium.htm>
- URL2, 2018: Erisim 10 Aralık 2018. <http://www.bildiriyoyorum.com/aluminyumun-insan-sagligina-etkileri-ve-zararlari-164>
- Uzu, G., Sauvain, J.J., Baeza-Squiban, A., Riediker, M., Hohl, M.S.S., Val, S., Tack, K., Denys, S., Pradère, P., Dumat, C. (2011). In vitro assessment of the pulmonary toxicity and gastric availability of lead-rich particles from a lead recycling plant. *Environmental Science & Technology* 45: 7888-7895.

- Varol, T., Ertuğrul, M., Özel, H. B., Emir, T., Çetin, M. (2018). The effects of rill erosion on unpaved forest road. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(1):825-839.
- Yigit, N., Öztürk, A., Sevik, H. (2014). Ecological impact of urban forests (Example of Kastamonu urban forest). *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology* 3(12): 558-562.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., Gul, L. (2016a). Clonal variation in chemical wood characteristics in Hanönü (Kastamonu) Günlüburun black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *Journal of Sustainable Forestry* 35(7): 515-526.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., Kaya, N. (2016b). Chapter 3: Determination of the Effect of Drought Stress on the Seed Germination in Some Plant Species. Intech open. In book title: *Water Stress in Plants*, Eds: İsmail Mofizur Rahman, Zinnat Ara Begum, Hiroshi Hasegawa, ISBN: 978-953-51-2621-8, pp: 43-62 (126).
- Yigit, N., Cetin, M., Sevik, H. (2018). Bazı Yaprak Mikromorfolojik Karakterlerinin *Prunus laurocerasus* L. Türünde Yetiştirme Ortamına Göre Değişimi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 6(11): 1517-1521.
- Yücedağ, C., Kaya, L.G. (2016). Hava Kirlenmelerinin Bitkilere Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 7(1): 67-74.
- Yücedağ, C., Bingöl, B., Kaya, L.G. (2016). Forest Genetic Resources in Burdur, Turkey. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 3(5): 6-12.
- Yücedağ, C., Kaya, L.G., Ulu, A. (2017). Burdur Kenti Toplu Konut ve Site Alanlarının Peyzaj Tasarım Yeterliliğinin İncelenmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 8(2): 114-122.
- Yücedağ, C., Kaya, L.G. (2017). Chapter 104. Recreational trend and demands of people in Isparta-Turkey, Book: *Researches on Science and Art in 21 st Century Turkey*. Eds: Hasan Arapgirlioglu, Atilla Atik, Robert L. Elliott, Edward Turgeon, Gece Publishing, ISBN: 978-605-180-771-3
- Yucedag, C., Kaya, L.G., Cetin, M. (2018) Identifying and assessing environmental awareness of hotel and restaurant employees' attitudes in the Amasra District of Bartın. *Environmental Monitoring and Assessment* 190(2): 60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6456-7>
- Zechmeister, H. G., Hohenwallner, D., Riss, A., Hanus-Ilmar, A. (2005). Estimation of element deposition derived from road traffic sources by using mosses. *Environmental Pollution* 138(2): 238-249.
- Zeren, I., Cantürk, U., Yaşar, M.O. (2017). Bazı Peyzaj Bitkilerinde Klorofil Miktarının Değişimi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 19(2): 174-182.
- Zeren, I., Cesur, A., Keskin, R., Akarsu, H. (2018). Bazı Peyzaj Bitkilerinde Klorofil Miktarının Değişimi: Samsun Örneği, *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences* 4(1):1-10.