

Fraxinus excelsior L.'da Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Organel ve Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

Changes of Some Heavy Metal Concentrations Based on Organic and Traffic Density in Fraxinus excelsior L.

Hatice AKARSU¹, Ilknur ZEREN CETİN^{1*}, Asma Asghar JAWED², Adel Easa ABO AISHA², Alican CESUR¹, Rizacan KESKİN¹

¹Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Yüksek Lisans Programı, Kastamonu

²Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Doktora Programı, Kastamonu

Received (Geliş Tarihi): 05.01.2019, Accepted (Kabul Tarihi): 19.01.2019
Corresponding author (Sorumlu Yazar*): ukizeren@gmail.com

ÖZ

Sanayileşme ve Dünya nüfusundaki hızlı artışın sebep olduğu problemlerin başında çevre ve özellikle hava kirliliği gelmektedir. Öyle ki hava kirliliği her yıl dünya çapında milyonlarca insanın hayatını kaybetmesine sebep olmaktadır. Hava kirliliği bileşenleri biyobozunur özelliğe sahip olmayan ağır metaller, düşük miktarlarda insan, hayvan ve bitki ihtiyaçları için gerekli olsalar da fazla miktarlarda bulduklarında toksik etki oluşturabilmektedir. Bazı ağır metaller düşük konsantrasyonlarda bile toksik etkiye sahiptir. Özellikle ağır metallerin atmosferde birikiminin artması insan sağlığı açısından ciddi sorun teşkil etmektedir. Bundan dolayı ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin takip edilmesi büyük önem taşımaktadır. Ağır metal kirliliğinin atmosferdeki konsantrasyonlarının belirlenmesinde en önemli belirteç olarak biyoindikatörlerden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada da ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde biyomonitör olarak Dişbudak (*Fraxinus excelsior L.*) organellerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Dişbudak ağacının trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve olmadığı alanlarda yetişen bireylerinden alınan yaprak, tohum ve dal örnekleri üzerinde çalışma yapılarak ve Ba, Al, B, Ca, Fe, K, Mg ve Mn konsantrasyonlarının değişimleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre yaprak ve tohumda çalışmaya konu elementlerin konsantrasyonlarının genel olarak trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyomonitör, ağır metal, trafik, *Fraxinus excelsior L.*

ABSTRACT

At the beginning of the problems caused by the industrialization and the rapid increase in the world population; environmental and especially air pollution. Air pollution is causing millions of people to die every year around the world. Air pollution components are non-biodegradable heavy metals, although they are necessary for low amounts of human, animal and plant needs, they can produce toxic effects when they are present in large quantities. Some heavy metals have toxic effects even at low concentrations. In particular, the accumulation of heavy metals in the atmosphere is a serious problem for human health. It is therefore of great importance to monitor the change in heavy metal concentrations. Bioindicators are used as the most important determinants of determination of heavy metal contamination in atmosphere. In this study, the usability of *Fraxinus excelsior L.* organelles as a biomonitor was investigated in the determination of heavy metal constructions. It was studied on the leaves, seeds and twigs taken from the individuals grown in the areas where the ash tree traffic is dense, less dense and not. According to the results of the study, it was determined that the concentrations of the elements in the leaves and seeds were increased depending on the traffic density.

Keywords: Biomonitor, heavy metal, traffic, *Fraxinus excelsior L.*

GİRİŞ

Günümüzün en önemli sorunlarından birisi çevre kirliliğidir. Endüstri alanındaki gelişmeler ve ekonomik sebepler şehirlerin merkez nüfusunun önemli ölçüde artmasına sebep olmuştur (Kaya 2009; Kaya ve ark., 2009; Kaya 2010; Cetin 2015a,b,c; Kaya ve ark., 2015; Çakir ve ark.,

2016; Cetin 2016a,b,c,d; Yücedağ ve Kaya, 2016; Yücedağ ve ark., 2016; Yücedağ ve Kaya, 2017; Cetin 2017; Kaya ve ark., 2017; Sevik ve ark., 2017a,b; Yücedağ ve ark., 2017; Zeren ve ark., 2017; Zeren ve ark., 2018; Sevik ve ark., 2018a,b; Varol ve ark., 2018; Yigit ve ark., 2018; Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k; Kaya ve ark., 2018; Kaya ve ark., 2018; Kravkaz Kuscu ve ark., 2018a,b). Hızlı kentleşme ve popülasyon artışı; trafik,

çevre kirliliği, ormanların tahribatı ve küresel iklim değişikliği gibi pek çok sorunu da beraberinde getirmiştir (Cetin 2015a,b,c; Cetin 2016a,b,c,d; Cetin ve Sevik 2016a,b,c; Cetin ve ark., 2017a,b; Cetin 2017; Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k). Bu problemler arasında çevre kirliliği çok önemli bir yere sahiptir (Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h). Özellikle hava kirliliği o kadar ciddi boyutlara ulaşmıştır ki dünya genelinde yılda yaklaşık 6,5 milyon insanın hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı hayatını kaybettiği belirtilmektedir (Cetin 2015a,b,c; Cetin ve Sevik 2016a,b,c; Cetin 2016a,b,c,d; Cetin 2017; Cetin ve ark., 2017; Yuçedag ve ark.,2018; Mossi, 2018; Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k).

Hava kirliliği bileşenleri içerisinde ağır metaller ayrı bir öneme sahiptir. Ağır metallerin bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterebilen, bazıları ise kanserojen etkiye sahip elementlerdir. Bunlara ek olarak ağır metaller doğada kolay kolay bozulmazlar ve biyobirikme kabiliyetindedirler (Turkyılmaz ve ark., 2018a,b,c,d,e). Bundan dolayı ağır metallerin havadaki konsantrasyonlarının belirlenmesi ayrı bir önem taşır.

Ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesinde en sık kullanılan yöntem, bitkilerin biyomonitör olarak kullanılmasıdır. Bitkiler pek çok ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonu yerine getirirler (Yigit ve ark., 2014; 2016a,b; Sevik ve ark., 2016; Cetin ve Sevik, 2016a,b; Tunçtaner ve ark., 2007). Bundan dolayı bitkilerin yayılışı, fizyolojisi, morfolojisi vb konularda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Kırdar ve ark., 2010; Özel ve Ertekin, 2012; Özel ve Bilir, 2016; Sevik ve ark., 2017).

Ancak bitkilerin ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesinde biyomonitör olarak kullanımına ilişkin çalışmalar nispeten yenidir ve hangi bitkinin hangi organelinde hangi ağır metali daha yoğun biriktirdiğine ilişkin çalışma sayısı henüz yeterli düzeyde değildir. Bundan dolayı her bir ağır metalin hangi bitkinin hangi organelinde ne düzeyde biriktiğinin belirlenerek o bitkilerin ve organellerinin biyomonitör olarak kullanılması, elde edilen değerlerin sağlıklı olması açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan ve dünyanın pek çok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de birçok şehirde yetiştirilen Dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) yaprak, tohum ve dallarında Ba, Al, B, Ca, Fe, K, Mg ve Mn metallerinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Yaptığımız çalışmada Kastamonu ili kent merkezinden toplanan örnekler kullanılmıştır. Örneklerin toplanacağı alanlar belirlenirken trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve trafiğin olmadığı (en az 50 m mesafede taşıtların girebileceği alan bulunmayan) alanlar tespit edilmiştir. Daha sonra belirlenen bu alanlardan vejetasyon mevsimi sonunda bu bölgelerdeki tespit edilen *Fraxinus excelsior* L. ağaçlarından yaprak, tohum ve dal örnekleri toplanmıştır.

Laboratuvar ortamına getirilen örnekler parçalara ayrıldıktan sonra etiketlenerek cam kaplara alınmıştır. Cam kaplara alınan örnekler oda kurusu haline gelene kadar 15 gün boyunca ağızları açık olarak bekletilmiştir. 15. günün sonunda oda kurusu haline ulaşan örnekler etüvde 45 °C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Daha sonra kurutulan örnekler toz haline getirilmiştir. Toz haline gelen örneklerden 0,5 g'ı alınarak mikrodalga için tasarlanmış tüplere konulmuştur. Tüplere konulan örneklerin üzerine 10 ml %65'lik HNO₃ ilave edilmiştir. Bu işlemler sırasında çeker ocakta çalışılmıştır. Hazırlanan örnekler daha sonra mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 20 dakika yakılmıştır. İşlemler tamamlandıktan sonra mikrodalgadan çıkartılan tüpler soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler üzerine 50 ml'ye tamamlamak için deiyonize su ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekler filtre kağıdından süzöldükten sonra ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektromesi) cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur. Elde edilen veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiş ve verilere varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizi sonucunda istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunan değerlere Duncan testi uygulanarak homojen gruplar elde edilmiştir. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

BULGULAR

Çalışmaya konu olan *Fraxinus excelsior* L. yaprak, tohum ve dal parçalarından alınan örnekler üzerinde yapılan çalışmalarda ağır metal konsantrasyonlarının değişimi belirlenmiş elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış, elde edilen ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değerleri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Organelle Bağlı Olarak Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi

Organel	Ba (ppm)	Al (ppm)	B (ppm)	Ca (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
Yaprak	27.522 b	213.00 b	49.44 b	2053 a	450.33 b	16457 b	4991 a	43.56 b
Tohum	7.744 a	75.33 a	62.67 c	4927 b	157.33 a	24615 c	7476 b	6.00 a
Dal	14.567 a	24.11 a	24.89 a	6834 c	78.56 a	8384 a	9286 c	16.67 a
F Değ.	6.781	13.853	20.722	60.032	8.455	143.171	21.999	15.975
Hata	0.005	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000

Tablo 1 sonuçları incelendiğinde çalışmaya konu olan bütün elementlerin organel bazında değişimleri istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Varyans analizi sonucunda Ba ve Fe elementlerinin organel bazında değişiminin %99, diğer elementlerin ise yüzde %99,9 güven düzeyinde anlamlı oldukları görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçlarına göre Ba, Al, Fe ve Mn elementleri iki homojen grup oluştururken, B, Ca, K ve Mg elementleri üç homojen grup oluşmuştur. En yüksek değerler B ve K elementinde tohumda gözlenirken, Ca ve Mg elementlerinde dalda gözlemlenmiştir. En düşük değerler Ba, Al,

Fe ve Mn elementlerinde tohum ve dalda elde edilirken, tohum B ve K elementlerinin dalda, Ca ve Mg elementlerinin yaprakta en düşük düzeyde oldukları belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimleri belirlenmiş ve elde edilen değerlere Varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır. Varyans analizi sonucu elde edilen F değerleri ve önem düzeyleri ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Trafik Yoğunluğuna Bağlı Olarak Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi

Trafik	Ba (ppm)	Al (ppm)	B (ppm)	Ca (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
Yok	8.86 a	36.2	36.0 a	3937	61.4 a	17054	6658	7.44 a
Az	14.96 ab	118.5	40.0 a	5015	211.3 ab	15747	6791	25.11 ab
Yoğun	26.01 b	157.7	61.0 b	4862	413.4 b	16655	8305	33.67 b
F Değ.	4.449	3.302	5.410	0.617	6.074	0.076	1.583	4.498
Hata	0.023	0.054	0.011	0.548	0.007	0.927	0.226	0.022

Tablo 2 değerleri incelendiğinde trafik yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının değişimine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre Al, Ca, K ve Mg elementlerinin trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaşmadığı görülmektedir. Fe elementinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu, Ba, B ve Mn elementlerinin ise %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmüştür. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçlarına göre trafiğin olmadığı, az yoğun olduğu ve çok yo-

ğun olduğu alanlardaki element değerleri incelendiğinde, B elementinin iki farklı homojen grup, Ba, Fe ve Mn elementlerinin ise üç farklı grup oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Fraxinus excelsior L. yaprak, tohum ve dal organellerinde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi element bazında ayrı ayrı belirlenmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış ve elde edilen ortalama değerler, varyans ana-

lizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. *Fraxinus excelsior* L. organellerinde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Organel	Metal	Trafik yoğunluğu			F Değeri	Hata
		Yok	Az	Yoğun		
Yaprak	Ba (ppm)	4.833 a	32.933 b	44.800 c	32499	0.000
	Al (ppm)	37.33 a	277.33 b	324.33 c	213267	0.000
	B (ppm)	37.67 a	40.00 b	70.67 c	4578	0.000
	Ca (ppm)	1468.33 a	3224.00 b	1469.33 a	64328	0.000
	Fe (ppm)	72.67 a	423.67 b	854.67 c	230121	0.000
	K (ppm)	15336 a	17851 c	16186 b	553	0.000
	Mg (ppm)	4999 c	4987 a	4988 b	564	0.000
Tohum	Ba (ppm)	7.80	7.76	7.66	2,600	0.154
	Al (ppm)	59.0 a	75.3 b	91.6 c	1440	0.000
	B (ppm)	48.0 a	62.6 b	77.3 c	4646	0.000
	Ca (ppm)	3373 a	4927 b	6481 c	37486	0.000
	Fe (ppm)	81.0 a	157.3 b	233.6 c	31464	0.000
	K (ppm)	26643 c	24615 b	22587 a	451	0.000
	Mg (ppm)	4989 a	7476 b	9964 c	2234407	0.000
Dal	Ba (ppm)	13.9 b	4.2 a	25.5 c	15448	0.000
	Al (ppm)	12.3 b	3.0 a	57.0 c	3213	0.000
	B (ppm)	22.3 b	17.3 a	35.0 c	279	0.000
	Ca (ppm)	6971 c	6895 b	6635 a	9307	0.000
	Fe (ppm)	30.6 a	53.0 b	152.0 c	11259	0.000
	K (ppm)	9184 b	4776 a	11193 c	17577	0.000
	Mg (ppm)	9985 c	7909 a	9964 b	4250	0.000

Tablo 3 değerleri incelendiğinde çalışmaya konu olan elementlerden sadece tohumda bulunan Ba elementinde en az %95 güven düzeyinde anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Bunun dışında yapraklarda, dallarda ve tohumda diğer bütün elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimi %99.9 güven düzeyinde anlamlıdır. Genel olarak ortalama değerlerin organel değişimindeki dağılımının yaprak ve tohumda trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı görülmektedir. Fakat yaprakta Mg elementinin ve tohumda K elementinin en yüksek değerlerinin trafiğin olmadığı alanlarda olduğu belirlenmiştir. Dallarda ise element konsantrasyonlarının en yüksek değerlerinin trafiğin yoğun olduğu en düşük değerlerin ise trafiğin az yoğun olduğu alanlarda olduğu görülmektedir. Fakat dallardaki Ca ve Mg elementinin en yüksek değeri trafiğin olmadığı alanlarda ölçülmüştür.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma sonucunda çalışmaya konu olan bütün elementlerin organel bazında değişimlerinin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu, en yüksek değerlerin B ve K elementinde tohumda, Ca ve Mg elementlerinde dalda, diğer elementlerde ise yaprakta olduğu belirlenmiştir. Bu durum yapılan pek çok çalışmada da belirtilmiştir. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda, bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunun tür ve bitki organeline bağlı olarak önemli ölçüde değişebildiği ortaya konulmuştur (Turkyılmaz ve ark., 2018d,e).

Çalışma sonuçlarına göre yaprak ve tohumda çalışmaya konu elementlerin konsantrasyonlarının genel olarak trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Fakat yaprakta Mg ve tohumda K elementlerinin en yüksek değeri trafiğin olmadığı alanlarda elde edilmiştir. Yapılan pek çok çalışmada trafik yoğunluğunun artması ile birlikte, bitki organellerindeki ağır metal konsantrasyonunun da arttığı belirlenmiştir (Turkyılmaz ve ark., 2018b;

Saleh, 2018). Atmosferde ağır metal kirliliği büyük oranda atık yakma, evlerde petrol yakma, enerji üretim santrali, endüstriyel birimler, araç trafiğinden kaynaklanmaktadır. Bunların arasında endüstriyel ve trafik faaliyetlerinden kaynaklanan ağır metal yayılımı, en önemli atmosferik kirlilik kaynaklarından. Kent içerisinde egzoz gazları, araba tekerleri, araçlar ve araç aşınmaları yanında endüstriyel süreçlerde ağır metallerin havaya yayılması, rafine etme ve işleme süreçlerinden kaynaklanmaktadır (Turkyılmaz ve ark., 2018a; Sevik ve ark., 2018; Mossi, 2018).

Çalışma sonucunda dallarda en yüksek konsantrasyonlar genel olarak trafiğin yoğun olduğu, en düşük değerler ise trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir. Bilindiği üzere kabuk, ağacın en dış katmanıdır ve tırtıklı bir yapıya sahiptir. Bu durum toz partiküllerinin kabuk üzerine yapışması ve zamanla kabuk genişledikçe, kabuğun içerisinde kalmasına sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalar yayılım sonrası ağır metallerin atmosferdeki çeşitli partiküllere tutunabildiğini göstermiştir. Partikül madde ağır metaller için bir yutak vazifesi girmekte ve bu maddenin kabuğa yerleşmesi kabuktaki ağır metal konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırmaktadır (Mossi, 2018). Nitekim yapılan çalışmalarda kabukta belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının odundakinden çok daha yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir (Turkyılmaz ve ark., 2018c,e). Partikül maddelerin ağır metaller ile kontamine olması nedeniyle partikül maddeler insan ve çevre sağlığı açısından ciddi sorunlar yaratabilir (Shahid ve ark., 2017; Mossi, 2018). Bundan dolayı hava kirliliği bileşeni olarak ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi pek çok çalışmaya konu olmuştur (Cetin ve ark., 2018).

Bu çalışmada çalışmaya konu elementlerin organik ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Bu güne kadar yapılan çalışmalar bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının bitki türü, habitusu, anatomik yapısı, çevresel şartlar gibi birçok faktörle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Shahid ve ark., 2017; Saleh, 2018; Mossi, 2018). Bunların yanında bitkilerde ağır metal konsantrasyonunu etkileme ihtimali olan bitkinin alt türü, formü, varyetesi ve orijinleri (Mossi, 2018), 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

- 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.
- 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 Bizzarri, İsa 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 Pompeiopolis 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., İsinkaralar, 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., Onac, A.K., Sevik, H., Canturk, U., Akpınar, H. (2018a). 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., 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., Akpınar, 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, Ayse Kalayci 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 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: 665-674
- Cetin, M., Yildirim, 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 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: 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 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: 299-309
- Cetin, M., Kalayci Onac, A., Sevik, H., Sen, B., (2018j) 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., Adiguzel, F., Kaya, O., Sahap, A. (2018k) Mapping of bioclimatic comfort for potential planning using GIS in Aydin. *Environment, Development and Sustainability* 20(1): 361-375. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9885-5>
- 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.
- 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 Açından 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., Yuicedag, 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.
- Kırdar, E., Özel, H. B., Ertekin, M. (2010). Effects of pruning on height and diameter growth at stone pine (*Pinus pinea* L.) afforestations. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 12(18): 1-10.
- 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
- 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.
- Özel, H.B., Ertekin, M. (2012). The change of stand structure in Uludağ fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* Mattf.) forests along an altitudinal gradient. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty* 12(3): 96-104.
- Özel, H.B., Bilir, N. (2016). Effects of light and moisture on growth and morphological characteristics of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) seedlings in the western blacksea region in Turkey. *Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i Sumarstvo* 62(1): 65-69.
- Saleh, E.A.A. (2018). Determination of Heavy Metal Accumulation in Some landscape Plants, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, Ph.D. Thesis, Kastamonu, Turkey.
- 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., Karaca, U. (2016). Determining the Resistances of Some Plant Species to Frost Stress Through Ion Leakage Method. *Fresenius Environmental Bulletin* 25(8): 2745-2750.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, Ö. (2016). Effect of Light on Young Structures of Turkish Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bommulleriana*). *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. *bormulleriana* 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., Isinkaralar, 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., Isinkaralar, 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., Isinkaralar, 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>
- 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: Ismail 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>
- 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.