



Changes in Fe Concentrations in Soils Where Some Forest Trees Naturally Grow Depending on Tree Type, Organ, and Soil Depth

Ramazan Erdem^{1,a,*}

¹Kastamonu Üniversitesi, Arac Rafet Vergili Yüksek Okulu, Ormancılık Bölümü, Orman Ürünleri Programı, 37800 Kastamonu, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 04.03.2024 Accepted : 11.03.2024</p> <p><i>Keywords:</i> Forest soil Nutrient Element Heavy metal Iron Fe</p>	<p>One of the most critical factors shaping plant development is the nutrients in the soil. Iron (Fe), one of the essential nutrients for plant nutrition, is important in plant growth and development. For this reason, many studies have been conducted on the change of Fe concentration in agricultural soils. However, the number of studies on the subject in the lands where forest trees naturally grow is limited. This study aimed to examine the concentrations of Fe in soil and plant organs in the soil where different forest trees naturally grow. Within the scope of the study, leaf, bark, wood, cone, and root samples from black pine, Scots pine, fir, and beech species were taken, as well as top, medium, and subsoil samples from the bottom of each tree. As a result, it was determined that Fe concentrations in plants were much lower than in soil. The highest Fe concentration obtained in plant organs was obtained in beech roots and was 529.32 ppm. However, the Fe concentration in soils varied between 8253.91 ppm and 16848.88 ppm.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(3): 430-434, 2024

Bazı Orman Ağaçlarının Yetiştği Topraklarda Fe Konsantrasyonlarının Ağaç Türü, Organ ve Toprak Derinliğine Bağlı Değişimi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 04.03.2024 Kabul : 11.03.2024</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Orman toprağı Besin Elementi Ağır metal Demir Fe</p>	<p>Bitki gelişimini şekillendiren en önemli faktörlerden birisi topraktaki besin elementleridir. Bitki beslenmesi için mutlak gerekli besin elementlerinden olan demir (Fe) bitki büyümesi ve gelişiminde önemli bir yere sahiptir. Bu sebeple tarım topraklarında Fe konsantrasyonunun değişimi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Oysa orman ağaçlarının yetiştiği topraklarda konu ile ilgili çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada Fe'in farklı orman ağaçlarının doğal olarak yetiştiği topraklarda topraktaki ve bitki organlarındaki konsantrasyonlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında karaçam, sarıçam, göknar ve kayın türlerinden yaprak, kabuk, odun, kozalak ve kök örnekleri ile her ağacın dibinden yüzey, orta ve derin topraklardan numuneler alınmıştır. Çalışma sonucunda Fe konsantrasyonlarının bitkilerde, topraktakinden çok daha düşük konsantrasyonlarda olduğu belirlenmiştir. Bitki organlarında elde edilen en yüksek Fe konsantrasyonu kayın köklerinde elde edilmiş olup 529,32 ppm'dir. Oysa topraklardaki Fe konsantrasyonunun 8253,91 ppm ile 16848,88 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir.</p>

^a erdem@kastamonu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-5243-5685>



Giriş

Bitkiler dünyada yaşamın vazgeçilmez kaynağı ve besin pramidinin temelini oluşturan canlılardır. Bunun sebebi güneş ışığını kullanarak klorofil yardımıyla fotosentez yapabilmeleridir (Sevik ve ark., 2016; Yigit ve ark., 2019). Bitkilerin bu özelliğinden dolayı dünyadaki bütün canlı yaşamı doğrudan veya dolaylı olarak bitkilere bağımlıdır. Bitkiler ayrıca ekosistemde vazgeçilmez bir role sahip olup, erozyonu önler, hava kirliliğini azaltır, en önemli hammadde kaynaklarından birisidir. Pek çok ekonomik, ekolojik ve sosyal fonksiyonu yerine getirirler (Isinkaralar ve ark., 2023a; Erdem, 2023). Ancak, bitkilerin, kendilerinden beklenen fayda ve fonksiyonları yerine getirebilmeleri sağlıklı bir şekilde büyüyüp gelişebilmelerine bağlıdır. Bitki gelişimi başlıca iklimatik (Sevik ve ark., 2017; Tekin ve ark., 2022) ve edafik faktörlere (Cetin ve ark., 2023) bağlı olarak şekillenir ve besin elementleri bitki gelişimini en fazla etkileyen faktörlerdendir (Erdem ve ark., 2023a).

Mutlak besin elementlerinden birisi olan demir (Fe) bitkiler için temel mikro-besin maddelerinden bir tanesidir. Bitkilerde metallo proteinlerin kofaktörü olan demir, fotosentez ve solunumda görev alan demir-sülfür proteinlerinin aktif bölgelerinde bulunur. Ayrıca DNA ve hormon biyosentezi, azot bağlanması, sülfat asimilasyonu ve klorofil biyosentezinde görev yapar (Aksoy ve ark., 2022).

Canlılar için gerekli bir besin elementi olmasının yanında Fe ayrıca bir ağır metaldir. Son yüzyılda sanayi ve teknolojik alanda yaşanan gelişmeler, sanayi üretimini önemli ölçüde artırmış, bu artış hammadde ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Bu süreçte pek çok element hammadde olmaları sebebiyle yer altındaki madenlerden çıkartılarak sanayi faaliyetlerinde kullanılmış ve bu durum atmosferin yapısının değişmesine sebep olmuştur. Yaşanan süreç kentleşme ve küresel iklim değişikliği gibi geri döndürülemez iki küresel soruna yol açmıştır (Dogan ve ark., 2023). Bu sürecin yol açtığı bir diğer sonuç ise çevre kirliliğidir. Çevre kirliliği bileşenleri içerisinde en tehlikeli kabul edilenleri de ağır metallerdir. Ağır metaller düşük konsantrasyonlarda bile insan ve çevre sağlığı açısından ciddi tehdit oluşturabilen elementlerdir (Demir ve ark., 2021; Mutlu ve ark., 2022a,b,c). Ağır metallerin sebep olduğu çevre kirliliği o kadar ciddi boyutlara ulaşmıştır ki dünya genelinde her yıl yaklaşık 4 milyon prematüre doğum ve 7 milyon insanın ölümüne neden olduğu belirtilmektedir (Isinkaralar ve ark., 2023a; Aricak ve ark., 2024). Fe, besin elementi olmasının yanı sıra aynı zamanda bir ağır metaldir ve besin elementi olarak canlılar için gerekli ağır metallerin dahi yüksek konsantrasyonlarda

zararlı oldukları belirtilmektedir (Isinkaralar ve ark., 2022; Yayla ve ark., 2022). Bundan dolayı ağır metallerin hava, su ve topraktaki konsantrasyonlarının izlenmesi büyük önem taşımaktadır (Cesur ve ark., 2022). Bu çalışmada da Fe'in topraktaki ve bitki organlarındaki etkileşiminin anlaşılabilmesi amacıyla, farklı orman ağaçlarının yetiştirildiği topraklarda Fe konsantrasyonlarının toprak derinlikleri ve bitki organlarındaki değişimi incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, hem canlılar için önemli besin elementlerinden hem de çevre ve canlı sağlığı açısından son derece zararlı olabilen elementlerden Fe elementinin, farklı bitkilerin yetiştiği topraklarda ve bitki organlarındaki değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Kastamonu ilinin Araç İlçesi sınırlarında benzer toprak ve iklim şartlarına sahip kısıtlı bir bölgede doğal olarak yetişen Çk; karaçam (*Pinus nigra* Arnold), Çs; sarıçam (*Pinus silvestris* L.), Kn; kayın (*Fagus orientalis* Libsky) ve Gk; göknar (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf) türlerinden yaprak, kabuk, odun, kozalak ve kök örnekleri alınmıştır. Kayın kozalakları bulunmadığından çalışmaya dahil edilmemiştir. Ayrıca her bir ağacın altından, toprak üzerindeki ölü örtü temizlenerek yüzeyden 0-5 cm derinlikten (üst toprak), 20-30 cm derinlikten (orta toprak) ve 50-60 cm derinlikten (alt toprak) toprak örnekleri alınmıştır. Laboratuvara getirilen topraklarda eleme işlemi uygulanmış, onun dışında bitki örnekleri ayrılıp parçalanarak iki hafta kuru bir ortamda havalandırılarak bekletilmiştir. Bütün örnekler petri kaplarına alınarak 45 °C'lik etüvde iki hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulan numunelerde ICP-OES cihazı yardımıyla Fe analizleri yapılmıştır. Bu yöntem son yıllarda hem topraklarda (Erdem ve ark., 2023a,b; Istanbul ve ark., 2023) hem de bitkilerin çeşitli organlarında (Sulhan ve ark., 2023; Ghoma ve ark., 2023) element analizlerinin tayini için sıklıkla kullanılmaktadır. Elde edilen veriler SPSS 22.0 paket programı yardımıyla değerlendirilmiş, verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır. Elde edilen veriler sadeleştirilip Çizelge 1'de yorumlanmıştır.

Bulgular

Çalışma kapsamında değerlendirilen Fe konsantrasyonunun bitki tür ve organlarında değişimi ile istatistiksel analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 1'de verilmiştir

Çizelge 1. Fe elementinin Bitkilerde Tür ve Organ Bazında Değişimi

Table 1. Variation of Fe in Plants by Species and Organ

Türler	Organ					F Değeri	Ortalama
	Yaprak	Kabuk	Kozalak	Odun	Kök		
Ab	61,23 ^{Aa}	176,66 ^{Bc}	47,18 ^{Ab}	9,56 ^A	402,74 ^{Cab}	18,49 ^{***}	139,48 ^{ab}
Pn	67,23 ^{Aba}	105,67 ^{Bbc}	92,77 ^{Bc}	6,95 ^A	62,38 ^{Aa}	2,99 [*]	67,00 ^a
Ps	56,45 ^{Aa}	13,56 ^{Aa}	15,43 ^{Aa}	10,86 ^A	259,23 ^{Bab}	6,09 ^{**}	71,11 ^a
Fo	109,12 ^{Ab}	34,86 ^{Aab}	-	9,26 ^A	529,32 ^{Bb}	8,41 ^{***}	170,64 ^b
F Değeri	37,55 ^{***}	6,50 ^{**}	22,47 ^{***}	1,97 ^{ns}	3,73 [*]		2,83 [*]
Ortalama	73,51 ^A	82,69 ^A	51,80 ^A	9,16 ^A	313,42 ^B	18,08 ^{***}	

Çizelge 2. Fe elementinin Bitkilerde Tür ve Toprak Derinliği Bazında Değişimi

Table 2. Variation of Fe in Plants by Species and Soil Depth

Türler	Toprak Derinliği			F Değeri	Ortalama
	Üst	Orta	Alt		
Ab	12832,08 Ab	12682,22 Aab	16848,88 Bc	6,16*	14121,06 b
Pn	13400,00 b	11445,44 a	11658,83 a	0,68ns	12168,09 a
Ps	14923,75 b	16176,83 c	15669,66 bc	1,79ns	15590,08 b
Fo	8253,91 Aa	13556,94 Bb	13650,44 Bab	9,31**	11820,43 a
F Değeri	5,51**	10,04***	5,30**		7,72***
Ortalama	12352,43 A	13465,36 AB	14456,95 B	3,21*	

Varyans analizi sonucunda bütün türlerde Fe konsantrasyonunun organ bazındaki değişimi istatistiki olarak anlamlı düzeyde bulunmuştur. En yüksek Fe konsantrasyonları karaçamda kabuklarda, diğer türlerde ise köklerde elde edilmiştir. Bütün türlerde en düşük değerler odunlarda elde edilirken, yapraklarda elde edilen Fe konsantrasyonları da Duncan testi sonucunda ilk grupta yer almıştır. Ortalama değerlere göre de Duncan testi sonucunda iki grup oluşmuş, bütün organlarda elde edilen değerler ilk grupta yer alırken sadece köklerde elde edilen değerler ikinci grupta yer almıştır. Odunda elde edilen Fe konsantrasyonlarının ortalaması 9,16 ppm ve diğer organlarda ek yüksek 82,69 ppm (kabuk) iken bu değer köklerde 313,42 ppm'e çıkması dikkat çekicidir.

Organlardaki Fe konsantrasyonlarının tür bazında değişimi de odun dışındaki bütün organlarda istatistiki olarak anlamlı düzeyde bulunmuştur. En yüksek değerler yaprakta kayın, kabukta göknar, kozalakta karaçam ve köklerde kayında elde edilmiştir. Ortalama değerlere göre en düşük Fe konsantrasyonu 67,00 ppm ile karaçamda elde edilirken en yüksek Fe konsantrasyonu 170,64 ppm ile kayında elde edilmiştir. Çamlarda elde edilen Fe konsantrasyonlarının oldukça düşük olması dikkat çekmektedir. Çalışma kapsamında değerlendirilen Fe konsantrasyonlarının bitki türü ve toprak derinliğine bağlı değişimi ile istatistiki analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Varyans analizi sonucunda çalışmaya konu türlerden sadece göknar ve kayının yetiştiği topraklarda toprak derinliği bazında Fe konsantrasyonlarının değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Göknar ve kayın yetişen topraklarda en yüksek değerler alt topraklarda elde edilmiştir. Her iki türde de Fe konsantrasyonu bakımından iki grup oluşmuş, göknarda üst ve orta topraktaki değerler ilk grupta, kayında ise sadece üst toprakta elde edilen değerler ilk grupta yer almıştır. Ortalama değerlere göre de toprak derinliği arttıkça Fe konsantrasyonunun da arttığı görülmektedir.

Varyans analizi sonucunda toprakta yetişen türün topraktaki Fe konsantrasyonunu etkilediği belirlenmiştir. Tür bazındaki Fe konsantrasyonunun değişimi bütün toprak derinliklerinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde bulunmuştur. Üst toprakta veriler Duncan testine göre iki grup oluşturmuş, kayın ilk grupta, diğer türler ikinci grupta yer almıştır. Orta derinlikteki topraklarda Fe konsantrasyonunun değişimi karaçam<göknar<kayın <sarıçam şeklinde sıralanmıştır. Alt topraklarda ise sıralama karaçam<kayın<sarıçam<göknar şeklinde olmuştur. Ortalama değerlere göre Duncan testi sonucunda türler iki grupta toplanmış, karaçam ve kayın ilk grupta, göknar ve sarıçam ikinci grupta yer almıştır.

Sonuç ve Tartışma

Çalışma kapsamında Fe elementinin aynı alanda yetişen 4 farklı türün organları ve bu türlerin yetiştiği toprakların farklı derinliklerindeki konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen en dikkat çekici sonuçlardan birisi bitki ve toprakta elde edilen Fe konsantrasyonları arasındaki farktır. Bitkilerde ortalama olarak odunda 9,16 ppm ve köklerde 313,42 ppm değerleri elde edilmiştir. Bitki organlarında elde edilen en yüksek Fe konsantrasyonu kayın köklerinde elde edilmiş olup 529,32 ppm'dir. Oysa topraklardaki Fe konsantrasyonunun 8253,91 ppm ile 16848,88 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bu sonuç topraklarda Fe miktarının yeterli hatta fazla düzeyde olduğunu göstermektedir. Fe bitkiler için mutlak gerekli mikro besin elementlerindedir (Aygün ve ark., 2018). Ancak Fe aynı zamanda önemli ve yaygın ağır metallere birisidir (Cesur ve ark., 2022). Ağır metallere bazıları düşük konsantrasyonlarda dahi canlılar için toksik ve öldürücü olabilirken, besin elementi olanların dahi yüksek konsantrasyonlarda canlılar ve özellikle insanlar için zararlı olduğu bilinmektedir (Koc ve ark., 2023). Üstelik son yıllarda yapılan çalışmalar ağır metallere toprak (Cetin ve ark., 2022), su (Mutlu ve ark., 2023a,b; Tepe ve ark., 2024) ve havadaki konsantrasyonlarının antropogenik faktörlerin etkisiyle sürekli arttığını ortaya koymaktadır (Kuzmina ve ark., 2023). Topraktaki Fe konsantrasyonu da 2,5 mg/kg'ın altındaysa düşük, 4,5 mg/kg'ın üzerindeyse yüksek olarak sınıflandırılmaktadır (Lindsay ve Norvell 1978). Bu sonuçlara göre çalışmada toprakta elde edilen Fe değerlerinin de oldukça yüksek seviyelerde olduğu söylenebilir.

Çalışma sonucunda dikkat çeken bir diğer sonuç toprak ve bitkideki Fe konsantrasyonunun farklılaşmasıdır. Topraklarda elde edilen Fe konsantrasyonları arasında yaklaşık iki kat (en düşük 8253,91 ppm, en yüksek 16848,88 ppm) fark bulunurken bitki organlarında elde edilen değerler arasında (en düşük karaçam odunlarında 6,95 ppm, en yüksek kayın köklerinde 529,32 ppm) 76 kattan fazla fark bulunduğu hesaplanmıştır. Hatta aynı organlarda bile (sarıçam kabuklarında 13,56 ppm, göknar kabuklarında 176,66 ppm) 13 kattan fazla fark olduğu hesaplanmıştır. Bu durum hem türler hem de aynı türün organlarında Fe konsantrasyonunun oldukça farklı olabileceğini göstermektedir. Bu güne kadar yapılan çok sayıda çalışmada da farklı elementlerin hem farklı türlerin aynı organlarında (Karacocuk ve ark., 2022) hem de aynı bitkinin farklı organlarında (Koc ve ark., 2023) önemli ölçüde farklılaşabildiği belirtilmektedir.

Çalışma sonucunda aynı bitkinin farklı organlarında Fe konsantrasyonları arasında önemli ölçüde fark olması, Fe'in organlar arasında transferinin sınırlı düzeyde olduğunu göstermektedir. Elementler bitki bünyesine topraktan kökler, havadan yapraklar ve gövde bölümlerinden girebilmektedir (Cobanoğlu ve ark., 2023). Ancak bitki içerisine girdikten sonra elementlerin organlar ve hatta aynı organın dokuları arasındaki transferi element ve türe göre farklılık göstermektedir. Örneğin *Corylus colurna* odunlarında Ni, Cd, Co, Zn, Cr, Pb, Mn ve Zn elementlerinin yer değiştirmesinin sınırlı olduğu ancak Cd'un yer değiştirebildiği (Key ve Kulaç, 2022; Key ve ark., 2022), *Cupressus arizonica* odunlarında Cd, Ni, Fe ve Zn elementlerinin yer değiştirmesinin sınırlı olduğu ancak Bi, Li ve Cr 'nin yer değiştirebildiği (Cesur ve ark., 2021; 2022; Cobanoğlu ve ark., 2023), *Cedrus atlantica* odunlarında Ni elementinin transferinin oldukça sınırlı olduğu ancak Co elementinin yer değiştirebildiği belirtilmektedir (Koç, 2021). Ancak genel olarak Fe'nin organlar arasındaki transferinin sınırlı düzeyde olduğu belirtilmektedir (Turkyılmaz ve ark., 2019).

Çalışma sonucunda türlerin yetiştiği topraklardaki Fe konsantrasyonunun da önemli ölçüde farklılaştığı belirlenmiş, orta derinlikteki topraklarda Fe konsantrasyonunun değişimi karaçam<gökknar<kayın<sarıçam şeklinde sıralanırken, alt topraklarda karaçam<kayın<sarıçam<gökknar şeklinde sıralanmıştır. Bitki gelişimi genetik yapı (Kurz ve ark., 2023; Hrivnak ve ark., 2023) ile çevresel faktörlerin etkisi altında şekillenir (Varol ve ark., 2022). Çevresel faktörler ise başlıca edafik (Erdem ve ark., 2023a,b) ve iklimatik (Sevik ve ark., 2021; Cobanoğlu ve ark., 2023b) faktörlerdir. Dolayısıyla topraktaki besin elementleri bitki gelişimini etkileyen en önemli faktörlerdendir.

Öneriler

Çalışma sonuçları topraktaki Fe element içeriklerinin, yetiştirilen bitki türlerine bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini ortaya koymaktadır. Örneğin Çam türlerinde toprak derinliğine bağlı olarak Fe konsantrasyonu değişmezken göknarda toprak derinliği arttıkça Fe konsantrasyonu artmaktadır. Gökknar sığ köklü bir ağaç olduğundan Fe elementini önemli ölçüde kullandığı belirlenmiştir. Bu durum, orman kurarken monokültürden mümkün olduğu kadar kaçınmanın ve karışık orman kurmanın önemini göstermektedir.

Çalışma sonuçları farklı türlerin farklı elementlere daha fazla ihtiyaç duyabileceğini göstermektedir. Ancak orman ağaçlarında hangi türlerin hangi elementlere daha fazla ihtiyaç duyduğu konusunda yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu konuda yapılacak çalışmalar ile fidan üretimi safhasında gübreleme çalışmaları yapılması, fidan gelişimini önemli ölçüde etkileyerek emek ve zamandan tasarruf sağlayabilir.

Kaynaklar

- Aksoy, E., Maqbool, A., Yerlikaya, B. A., & Wahid, F. (2022). Bitki peptit ve amino asit taşıyıcılarının demir taşınmasındaki görevleri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10, 2646-2655.
- Ateya, T. A. A., Bayraktar, O. Y., & Koc, I. (2023). Do *Picea pungens* engelm. organs be a suitable biomonitor of urban atmosphere pollution?. *Cerne*, 29, e-103228.

- Aygün, C., Kara, İ., Oral, H. H., Erdoğan, İ., Atalay, A. K., & Sever, A. L. (2018). Bazı çalı bitkilerinin sezonluk (ilkbahar, yaz, sonbahar) yaprak örneklerindeki makro ve mikro besin elementi içerikleri. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 7(1), 51-65.
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Abo Aisha, A. E. S., Alrabiti O. B. M., Aljama, A. M. O., Jawed, A. A., Cetin, M., Sevik, H., Ozel, H.B. (2021). The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13166-4>
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Cetin, M., Sevik, H., Ozel, H.B. (2022). The use of *Cupressus arizonica* as a biomonitor of li, fe, and cr pollution in Kastamonu. *Water Air and Soil Pollution*, 233, 193. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05667-w>
- Cetin, M., Aljama, A.M.O., Alrabiti, O.B.M. Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Using topsoil analysis to determine and map changes in ni co pollution. *Water Air and Soil Pollution*, 233, 293 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05762-y>
- Cetin, M., Sevik, H., Koc, I., & Cetin, I. Z. (2023). The change in biocomfort zones in the area of Muğla province in near future due to the global climate change scenarios. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103434.
- Çobanoğlu, H., Cantürk, U., Koç, İ., Kulaç, Ş., & Sevik, H. (2023b). Climate change effect on potential distribution of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* mill.) in the upcoming century in Türkiye. *Forestist*, 73(3), 247-256.
- Çobanoğlu, H., Şevik, H., & Koç, İ. (2022). Havadaki Ca konsantrasyonunun tespitinde ve trafik yoğunluğu ile ilişkisinde yıllık halkaların kullanılabilirliği. *ICONTECH International Journal*, 6(3), 94-106.
- Cobanoğlu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023a). Do annual rings really reveal cd, ni, and zn pollution in the air related to traffic density? An example of the cedar tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65.
- Demir, T., Mutlu, E., Aydın, S., & Gültepe, N. (2021). Physicochemical water quality of Karabel, Çaltı, and Tohma brooks and blood biochemical parameters of Barbus plebejus fish: assessment of heavy metal concentrations for potential health risks. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1-15.
- Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., Cetin, M. (2022). Determining the suitable settlement areas in Alanya with GIS-based site selection analyses. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24246-4>
- Emin, N., Mutlu, E., & Güzel, A. E. (2020). Determination the effectiveness of the cytotoxic analysis on the water quality assessments. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(2), 478-483.
- Erdem, R., Çetin, M., Arıca, B., & Sevik, H. (2023a). The change of the concentrations of boron and sodium in some forest soils depending on plant species. *Forestist*, 73(2), 207-212.
- Erdem, R., Arıca, B., Cetin, M., & Sevik, H. (2023). Change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist*, 73(3), 257-263.
- Erdem, R. (2023). Change of Cr, Co, and V concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *BioResources*, 18(3), 6183.
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Comparison of the rate of certain trace metals accumulation in indoor plants for smoking and non-smoking areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- Guney, D., Koc, I., Isinkaralar, K., & Erdem, R. (2023). Variation in Pb and Zn concentrations in different species of trees and shrubs and their organs depending on traffic density. *Baltic Forestry*, 29(2), id661-id661.

- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., Goginashvili, N., Paule, J., Gömöry, D. (2023). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato?. *European Journal of Forest Research*. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01634-0>
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2023a). Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce, Türkiye. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-12.
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Sevik, H., & Küçük, Ö. (2023b). Spatial modeling the climate change risk of river basins via climate classification: a scenario-based prediction approach for Türkiye. *Natural Hazards*, 1-18.
- Isinkaralar, K., Koç, İ., Kuzmina, N. A., Menshchikov, S. L., Erdem, R., & Arıcak, B. (2022). Determination of heavy metal levels using *Betula pendula* Roth. under various soil contamination in Southern Urals, Russia. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(12), 12593-12604.
- Istanbullu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial Distribution of Heavy Metal Contamination in Road Dust Samples from an Urban Environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 110(4), 78.
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., Cetin, M. (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering*, 18, 75-83. <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00483-6>
- Key, K., & Kulaç, Ş. (2022). Proof of concept to characterize historical heavy metal concentrations from annual rings of *Corylus colurna*: determining the changes of Pb, Cr, and Zn concentrations in atmosphere in 180 years in North Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1-11.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 244.
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2023). Proof of concept to characterize historical heavy-metal concentrations in atmosphere in North Turkey: determining the variations of Ni, Co, and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L. (Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(10), 120.
- Koç, İ. (2021). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35880–35886
- Koç, İ., & Nzokou, P. (2022). Gas exchange parameters of 8-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. seedlings under different irrigation regimes. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(12), 2421-2429.
- Koç, İ., & Nzokou, P. (2023). Combined effects of water stress and fertilization on the morphology and gas exchange parameters of 3-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(3), 49.
- Koc, I., Cobanoglu, H., Canturk, U., Key, K., Kulac, S., & Sevik, H. (2023). Change of Cr concentration from past to present in areas with elevated air pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-12.
- Koç, İ., Nzokou, P., & Cregg, B. (2022). Biomass allocation and nutrient use efficiency in response to water stress: Insight from experimental manipulation of balsam fir, concolor fir and white pine transplants. *New Forests*, 53(5), 915-933.
- Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csillery, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., Arıcak, B., Onat, S. M., and Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density, *BioResources*, 18(1), 792-803.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil Test for Zn, Fe, Mn and Cd. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
- Mutlu, E., Kutlu, B., Demir, T., & Yanik, T. (2018). Assessment of metal concentrations and physicochemical parameters in the waters of Lake Tecer. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 18(1), 1-10.
- Mutlu, E., & Güzel, A. E. (2019). Evaluation of some physicochemical water quality parameters of Gümüşsuyu Pond (Sinop-Erfelek). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(3), 72-77.
- Mutlu, E., Tokatlı, C., Islam, A. R. M. T., Islam, M. S., & Muhammad, S. (2023). Water quality assessment of Şehriban stream (Kastamonu, Türkiye) from a multi-statistical perspective. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-17.
- Sevik, H., Cetin, M., & Kapucu, O. (2016). Effect of light on young structures of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. bornmulleriana). *Oxidation Communications*, 39(1), 485-492.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Arıcak, B., & Canturk, U. (2017). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish Fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. Bornmulleriana Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6579-6587.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 5909-5921.
- Sulhan, O.F., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environ Dev Sustain* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02647-2>
- Tekin O, Cetin M, Varol T, Ozel HB, Sevik H, Zeren Cetin I. (2022) Altitudinal Migration of Species of Fir (*Abies spp.*) in Adaptation to Climate Change. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233, 385. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05851-y>
- Tepe, Y., Mutlu, E., & Türkmen, A. (2004). Yayladağı Görentaş Göleti (Hatay) su kalitesi parametreleri üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4), 201-208
- Tokatli, C., Mutlu, E., & Arslan, N. (2021). Assessment of the potentially toxic element contamination in water of Şehriban Stream (Black Sea Region, Turkey) by using statistical and ecological indicators. *Water Environment Research*, 93(10), 2060-2071.
- Turkyilmaz, A., Sevik H., Isinkaralar K, & Cetin M. (2019). Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition, *Environmental Science and Pollution Research*, 26(5), 5122-5130.
- Uncumusaoglu, A. A., & Mutlu, E. (2021). Water quality assessment in Karaboğaz Stream Basin (Turkey) from a multi-statistical perspective. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(5), 4747-4759.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1-2), 637-647.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 1-10.
- Yigit, N., Çetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019). Variation of stomatal characteristics in broad leaved species based on habitat. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6).