

Havadaki Ca Konsantrasyonunun Tespitinde ve Trafik Yoğunluğu ile İlişkisinde Yıllık Halkaların Kullanılabilirliği

Availability of Annual Rings in The Detection of Ca Concentration in The Air and Its Relationship with Traffic Density

Hatice Çobanoğlu^{1*},

¹Düzce University, Institute of Science, 81620, Düzce, Türkiye

Hakan Şevik²,

²Kastamonu University, Faculty of Engineering and Architecture, 37210, Kastamonu, Türkiye

İsmail Koç³,

³Düzce University, Forestry Vocational School, 81620 Düzce, Türkiye

*Corresponding Author: hatice96073@ogr.duzce.edu.tr

Özet

Makro besin elementleri sınıfında yer alan kalsiyum (Ca) bitki büyümesi, gelişmesi ve fizyolojisi için gerekli bir element olmasının yanı sıra aynı zamanda bir ağır metaldir. Ağır metallerin bazıları düşük konsantrasyonlarda bile canlılar için son derece zararlı, toksik ve kanserojen olabilmektedir. Diğer ağır metallerde olduğu gibi, Ca elementinin de belirli konsantrasyonları aşması halinde ekosistem ve ekosistemler içindeki canlılar için zararlı olabileceği belirtilmektedir. Bundan dolayı Ca elementinin havadaki konsantrasyonunun yıllar içerisinde değişiminin tespiti son derece önemlidir.

Kastamonu şehir merkezinde 39 yaşındaki bir Sedir ağacının gövdesinden alınan kütük üzerinde ölçümler yapılarak, Ca konsantrasyonunun organ ve trafik kaynaklı kirliliğe bağlı değişimleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında ağacın kabuk kısmının yola dönük (dış kabuk) ve içe dönük (iç kabuk) kısımlarında ve farklı yaşlardaki odun kısmında Ca konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuç olarak, Ca'un organlardaki konsantrasyonunun dış kabuk >iç kabuk>odun şeklinde sıralanırken organlar arasında bu elementin transferinin çok az olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla Sedir ağacının Ca ağır metalinin izlenmesinde uygun bir biyomonitör olduğu söylenebilir. Ayrıca Ca'un organlardaki konsantrasyonlarının trafik kaynaklı olarak değişmediği ancak, yıl bazında arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Biyomonitör, Kalsiyum, Makro besin elementi, Yıllık halka.

Abstract

Calcium (Ca), in the macronutrient class, is an essential element for plant growth, development, and physiology. It is also a heavy metal. Some heavy metals can be highly harmful, toxic, and carcinogenic to living beings, even at low concentrations. As with other heavy metals, it is stated that Ca element can be harmful to ecosystems and living things within these ecosystems if it exceeds threshold concentrations. Therefore, it is crucial to determine the variation in the calcium element concentration in the air over the years.

Measurements were made on a log taken from the trunk of a 39-year-old cedar tree in Kastamonu city center, and the changes in calcium concentration due to organ and traffic-induced pollution were investigated. Within the scope of the study, Ca concentrations were determined in the road-facing (outer bark) and inward-facing (inner bark) parts of the tree's bark and the wood of different ages. As a result, it was determined that the Ca concentration

in the organs was ranked as outer bark>inner bark>wood, while the transfer of this element between organs was minimal. Therefore, it can be said that Cedar wood is a suitable biomonitor for monitoring Ca. In addition, it was determined that the calcium concentrations in the organs did not change due to traffic but increased yearly.

Keywords: Heavy metal, Biomonitor, Calcium, Macronutrient, Annual ring.

1. Giriş

Bitkiler dünya üzerindeki bütün canlı yaşamının temelini oluşturması yanında bu canlı topluluklarıyla doğrudan veya dolaylı olarak sürekli bir etkileşim halindedirler (Koç, 2019; Yigit ve ark., 2021; Varol ve ark., 2022 a). Bitkiler yetiştirme ortamlarında güneş ışığını kullanarak yapraklarında bulunan klorofil pigmenti yardımıyla fotosentez yapmakta ve diğer canlılar için gerekli olan oksijeni ve besini üretmektedirler (Gur ve ark., 2021). Yetiştirme ortamlarındaki iklimik (Koç, 2021a; Koç, 2021 b; Sevik ve ark., 2021) ve edafik faktörler (Kravkaz Kuscu ve ark., 2018 a; Kravkaz Kuscu ve ark., 2018 b) bitkilerin optimal bir büyüme ve gelişme yapmasına etki etmektedir. Karmaşık bir mekanizmaya sahip olan bitki gelişimi, genetik yapı (Hrivnak ve ark., 2017; Güney ve ark., 2019) ile çevresel faktörlerinin (Güler ve ark., 2020; Güney ve ark., 2022) karşılıklı etkileşimi altında gerçekleşmekte (Koç, 2022 a; Özel ve ark., 2022) ve bu mekanizmanın gerçekleşmesinde besin elementleri hayati bir rol oynamaktadır (Erdem, 2021).

Bitkilerde besinler makro ve mikro besin elementi olarak sınıflandırılmakta ve makro besin elementi olarak sınıflandırılan elementlerin (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg ve S) bitki büyüme ve gelişmesinde mutlaka olması gerekmektedir. Bitkilerin optimal bir gelişme yapabilmesi için elzem olan elementler ve bu elementlere ait bazı özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Bitkilerin optimal bir büyüme ve gelişme yapabilmesi için zorunlu olan elementleri ve bu elementlere ait bazı özellikler (Jones ve Jacobsen., 2001; Epstein ve Bloom, 2005).

Kimyasal Simge	Elementin Adı	Bitkiye Faydalı Formu
C	Karbon	CO ₂
H	Hidrojen	H ₂ O
O	Oksijen	O ₂ , H ₂ O
N	Azot	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
P	Fosfor	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ⁻²
K	Potasyum	K ⁺
Ca	Kalsiyum	Ca ⁺²
Mg	Magnezyum	Mg ⁺²
S	Kükürt	SO ₄ ⁻²
Fe	Demir	Fe ⁺² , Fe ⁺³
Mn	Mangan	Mn ⁺²
Zn	Çinko	Zn ⁺²
B	Bor	Bo ₃ ⁻³ , B ₄ O ₇ ⁻²
Cu	Bakır	Cu ⁺ , Cu ⁺²
Ni	Nikel	Ni ⁺²
Cl	Klor	Cl ⁻
Mo	Molibden	MoO ₄ ⁻²

Makro besin elementleri arasında yer alan kalsiyum (Ca) bitkinin optimal büyüme ve gelişmesi için gerekli bir element olması yanında (Tuna ve Özer, 2005) bir ağır metaldir. Bilindiği üzere bazı ağır metaller (Pb, Cr, Ni, Hg gibi) düşük konsantrasyonları bile canlılar için toksik, kanserojen ve zararlı bir etki yapmakta (Turkyılmaz ve ark., 2020; Isinkaralar, 2022 a; Isinkaralar, 2022 b) iken bitki besin elementi olarak gerekli olanların bile yüksek dozları canlılar için zararlı olmaktadır (Ghoma ve ark., 2022; Kuzmina ve ark., 2022; Yayla ve ark., 2022). Bundan dolayı ağır metallerin gerek hava ve su da gerekse topraktaki konsantrasyonlarının izlenmesi büyük önem taşımaktadır (Isinkaralar ve ark., 2022; Bayraktar ve ark., 2022). Ancak, toprak ve sudaki ağır metal konsantrasyonları doğrudan ölçümlerle belirlenebilirken havadaki ağır metal konsantrasyonunun değişiminde biyomonitörler kullanılmaktadır (Savas ve ark., 2021). Biyomonitör olarak en kullanışlı araçların başında bitkiler gelmektedir. Özellikle, mevsimsel farklılıklardan dolayı odunsu bitkilerde oluşan yıllık halkalar, havadaki ağır metal konsantrasyonlarının uzun yıllar boyunca değişimi konusunda sıklıkla kullanılmaktadır (Cesur ve ark., 2022). Bu çalışmada da Ca elementinin hem havadaki konsantrasyonunun yıllar boyunca değişimi hem de odun dokusu içerisinde hareket kabiliyetinin anlaşılabilmesi amacıyla, *Cedrus atlantica* ağacının odun ve kabuk kısımlarındaki değişimi incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma, Kastamonu kent merkezinde yetişmiş olan, kent peyzaj çalışmaları sebebiyle kesilen ve göğüs yüksekliğindeki çapı 45,7 cm olan bir Sedir ağacının ana gövdesinden alınan kütük örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sedir ağacının kütükleri üzerinde trafiğin yoğun olduğu ve trafiğin olmadığı yönleri işaretlenerek örnekler alınmıştır. Laboratuvar ortamında bu kütük örneklerinin üst yüzeyi zımparalanarak pürüzsüz hale getirilmiştir. Sedir ağacının kütükleri üzerinde bulunan yıllık halkalardaki incelemeler sonucunda 39 yaşında olduğu tespit edilen bu ağacın yıllık halka genişlikleri dikkate alınarak üçer yıllık olacak şekilde dıştan içe doğru gruplandırılmış (1-13) ve numaralandırılmıştır. Kütükler üzerinde yaş gruplandırması yapıldıktan sonra çelik matkap yardımı ile iç ve dış kabuktan ve her yaş aralığındaki odun kısmından numuneler alınmıştır.

Alınan örnekler öğütülerek talaş haline getirilmiş ve cam kaplara alınarak 15 gün süreyle laboratuvar koşullarında (25 ± 5 °C) bekletilip hava kurusu hale getirilmiştir. Bu sürenin sonunda numuneler 45 °C'deki etüve alınarak 7 gün boyunca kurutmaya bırakılmıştır. Kurumuş numunelerden 0.5 gr alınıp üzerine 6ml'lik HNO₃ (% 65) ve 2 ml'lik H₂O₂ (% 30) ilave edilerek mikrodalga fırınında transfer edilip yakılmış ve sonrasında çözelti haline geçmiş numuneler balon jodelere alınıp ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanarak GBC Integra XL – ICP-OES cihazı ile element analizleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerden 0.5 gr alınıp su ile 50 gr'a tamamlandığı için analiz sonuçları 100 ile çarpılıp gerçek değerleri elde edilmiştir. Çalışmada bütün ölçümler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Ölçümler sonuçları SPSS paket programına aktarılıp Varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testi yardımıyla değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Ca elementinin organ bazında değişimi

Ca elementinin organ bazında değişimine ilişkin yapılan ANOVA ve Duncan test sonuçlarına ilişkin sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Ca elementinin organ bazındaki değişiminin yön bazında incelenmesi (ppm)

Organ	Yola Dönük	İçe Dönük	Ortalama
DK	4874.40 c	6577.73 c	5726.07 c
İK	4079.33 b	3550.00 b	3814.67 b
O	379.23 a	580.23 a	479.73 a
F - değeri	1273.903***	901.126***	901.106***

DK= Dış kabuk, İK= Dış kabuk, Odun= O, ***= p<0.001.

ANOVA sonuçlarına göre Ca elementi konsantrasyonunun yola dönük, içe dönük ve ortalama değerlerinin organ bazında istatistiksel olarak farklılık gösterdiği (p<0.001) tespit edilmiştir.

Buna ek olarak Duncan testi sonuçlarında ise organ bazında Ca elementi konsantrasyonları yola ve içe dönük kısımda üç farklı homojen grup oluşturduğu ve bu kısımlardaki Ca konsantrasyon değerlerinin dış kabuk > iç kabuk > odun şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. İçe dönük kısımda Ca konsantrasyonunun dış kabuktaki ve odundaki değerlerine oranı sırasıyla 1.85 ve 11.33 katı bulunmuştur. Yola dönük kısımda ise bu oranlar sırasıyla 1.19 ve 13 katı olarak tespit edilmiştir. Ayrıca veriler yön bazlı incelendiğinde içe dönük kısımdaki dış kabuk ve odundaki Ca konsantrasyon değerlerinin yola dönük kısımdaki aynı organlardan yaklaşık 1.5 katı daha fazla olduğu tespit edilmiştir. İç kabuktaki yöne bazlı incelemede ise yola dönük kısımdaki Ca konsantrasyon değerinin içe dönük kısımdaki değerlerden yaklaşık olarak 1.14 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir

Sedir ağacının odun kısmındaki Ca elementinin yıla bağlı olarak değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile ANOVA sonucunda elde edilen istatistikî veriler (F değeri) ve Duncan testinden elde edilen gruplar Tablo 3’de verilmiştir.

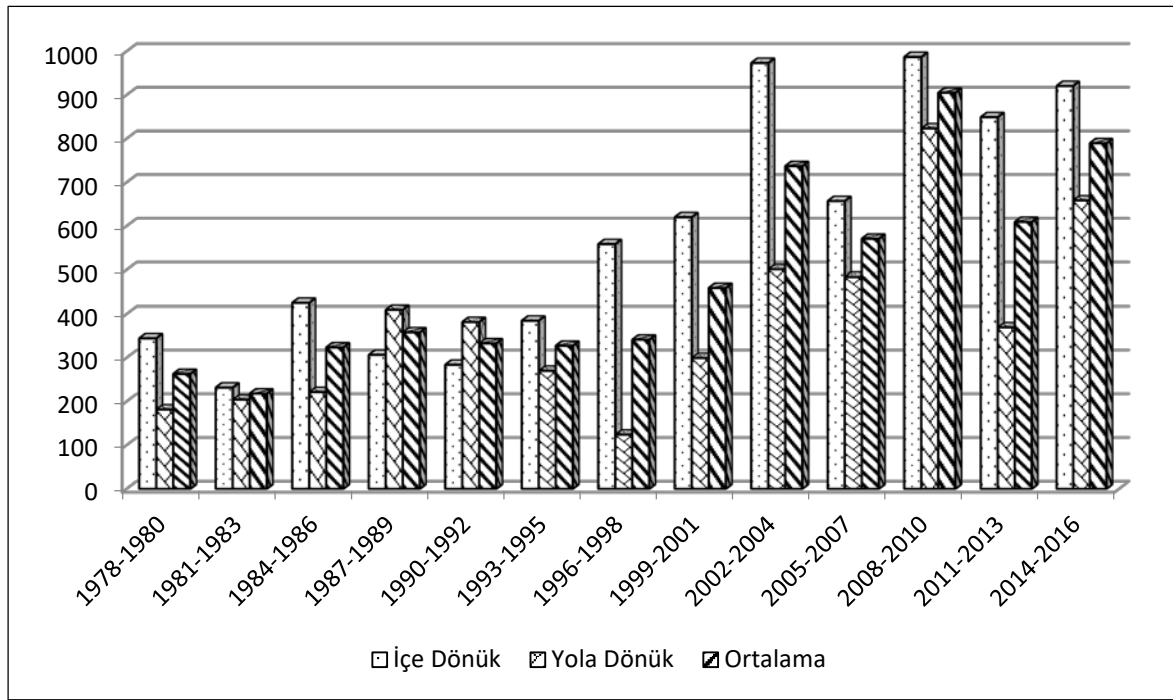
Tablo 3. Ca Elementinin Yıl Bazında Değişimi (ppm)

Yıl	Yola Dönük	İçe Dönük	Ortalama
1978-1980	181.60 b	344.40 d	263.00 ab
1981-1983	204.20 c	231.80 a	218.00 a
1984-1986	221.53 d	425.80 f	323.66 ab
1987-1989	409.67 i	306.60 c	358.13 ab
1990-1992	381.73 h	283.93 b	332.83 ab
1993-1995	270.20 e	384.73 d	327.46 ab
1996-1998	124.07 a	558.60 g	341.33 ab
1999-2001	299.47 f	620.13 h	459.80 bc
2002-2004	501.20 k	973.20 l	737.20 def
2005-2007	484.60 j	657.13 i	570.86 cd
2008-2010	823.53 m	986.93 m	905.23 f
2011-2013	369.60 g	849.13 j	609.36 cde
2014-2016	658.53 l	920.53 k	789.53 ef
F - değeri	3615.232***	4227.456***	13.075***

***= p<0.001

Sedir ağacının odun kısmındaki yıl bazında Ca konsantrasyonlarının değişimi ANOVA testine göre istatistikî olarak (p<0.001) anlamlıdır (Tablo 2). 2002-2004 yıllarına kadar içe dönük

kısımda 973.20 ppm'e, ortalama konsantrasyon değerlerinde 737.20 ppm'e kadar doğrusal bir artış göstermekte iken 2005-2007 yıllarında ise içe dönük kısımda ve ortalama değerle sırasıyla 657.13 ve 570.86 ppm'e kadar bir düşüş belirlenmiştir. Fakat 2008-2010 yıllarında ise tekrar içe dönük kısımda bir artış göstererek 986.93 ppm'e kadar yükselmiş ve sonraki yıllarda 800.00 ppm'in altına hiç düşmemiştir. Yola dönük kısımda ise 2008-2018 yıllarına kadar doğrusal yönde artma olduğu, en yüksek konsantrasyon değerini 823.53 ppm'e ile 2008-2010 arasında yaptığı tespit edilmiştir. 2011-2013 yıllarında Ca konsantrasyonu 369.60 ppm'e kadar düşmüş ve sonrasında 658.53 ppm'e kadar (2014-2016 yıllarında) yükseldiği tespit edilmiştir. Ca konsantrasyonunun yıl bazında değişimini gösteren grafik, [Şekil 1](#)'de verilmiştir.



Şekil 1. Ca Elementinin Yıl Bazında Değişimi (ppm)

4. Sonuç ve Tartışma

Dünyamız özellikle son yüzyılda hava (Koç ve ark., 2022), su (Ucun Ozel ve ark., 2019) ve toprak kirliliği (Gencel ve ark., 2022; Kursuncu ve ark., 2022), kentleşme (Kilicoglu ve ark., 2021; Zeren Cetin ve ark., 2022) küresel ısınma (Cantürk ve Kulaç, 2021; Varol ve ark., 2022 b), kuraklık (Koç, 2021c; Koç, 2021 d; Koç ve Nzokou, 2022) gibi birçok felaketle yüz yüze kalmakta ve bu felaketler bitkilerin gelişimi ve fizyolojisi üzerine birçok olumsuz etkileri olmaktadır (Koç, 2022b). Bu gibi şartlarla karşı karşıya kalan bitkiler toprakta bulunan ve bitkiler için hayati öneme sahip olan makro ve mikro besin elementlerini bünyelerine alamamakta ve bundan dolayı büyüme ve gelişimleri olumsuz yönde etkilenmektedir (Koç ve ark., 2021).

Makro besin elementleri içerisinde yer alan Ca bir bitkinin tüm yaşam evresinde önemli rol oynamaktadır. Ca elementi bitki hücrelerinin büyümesinde ve gelişmesinde, dokuların stabilizasyonunda, membran geçirgenliklerinin düzenlenmesinde ve bitki kalitesinde rol alan en önemli makro elementlerden bir tanesidir. Bu element aynı zamanda kaogulasyonu artırıcı, ortamı nötrleştirici, kolloidleri doyurucu, bünyeyi düzenleyici ve işlenmeyi kolaylaştırıcı

birçok etkiye sahiptir. Bitki hücresinde yer alan plazma membranlarının yapısal ve fonksiyonel özellikleri dikkate alındığında kritik öneme sahip bir besin elementi olarak değerlendirilmektedir. Bunlara ek olarak hem toprağın kimyasal hem de fiziksel özellikleri açısından son derece önemli etkileri vardır. Bundan dolayı bitki, toprak, mikroflora ve fauna, için hayati bir öneme sahiptir. Ca eksikliğinde bitkilerde genellikle kalitenin ve verimin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir (Türkmen ve ark., 2002; Tuna ve Özer, 2005; Mossi, 2018). Bitki bünyesine yaprak yoluyla giren Ca elementi bitki kalitesi ve verimi üzerinde olumlu etkiler yapmaktadır (Tuna ve Özer, 2005). Bundan dolayı araştırmalarda daha çok gübreleme ile bitki verim ve kalitesi üzerinde çalışmalar yapılırken (Yağmur ve ark., 2005) ağır metaller ile ilgili az sayıda çalışmalar mevcuttur (Chen ve ark., 2015; Martín ve ark., 2015).

Çalışma sonucunda Ca konsantrasyonunun dış kabuk>iç kabuk>odun şeklinde sıralandığı ve farklı organlar arasında büyük oranda farklılıklar olduğu, bu farklılığın on katı aşabildiği belirlenmiştir. Benzer sonuçlar, aynı zamanda besin elementi olan farklı ağır metaller konusunda yapılan çalışmalarda da elde edilmiştir (Isinkaralar, 2022 c). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda da bitkilerde ağır metal konsantrasyonunu en fazla etkileyen faktörlerin başında bitki türü ve organı geldiği belirlenmiştir (Turkyılmaz ve ark., 2020; Karacocuk ve ark., 2021). Bu durum öncelikle organın yapısı ile ilgilidir (Sevik ve ark., 2020 a; Sevik ve ark., 2020 b). Özellikle dış kabuktaki ağır metal konsantrasyonlarının yüksekliği ise hem kabuğun yapısı ile hem de trafik yoğunluğundan dolayı ağır metaller ile kontamine olmuş partikül maddeler ile ilgilidir. Günümüze kadar süregelen çalışmalarda hava içerisinde bulunan ağır metallerin partikül maddeler üzerine bir şekilde tutunarak bu partikül maddeleri kontamine ettiği ve dolayısıyla bitki organları üzerine yerleşen bu partikül maddelerin de bu organlardaki ağır metal konsantrasyonlarını yükselttiği belirlenmiştir (Turkyılmaz ve ark., 2019; Cesur ve ark., 2022).

Ağır metaller bitki bünyesine topraktan veya havadan girebilmektedir. Özellikle havadan bitki bünyesine girişlerde hava ile temas süresi önemli bir faktördür. Çalışma sonucunda en düşük konsantrasyonların elde edildiği odun kısmının hava ile teması bulunmamaktadır. Oysa dış kabuk hava ile sürekli etkileşim halindeki organdır. Ayrıca kirlilik seviyesinin yüksek düzeyde olduğu bölgelerde havadaki ağır metaller partikül maddeler üzerine yapışarak, partikül maddeleri ağır metaller ile kontamine etmektedir. Ağır metaller ile kontamine olmuş partikül maddelerin kabuğun pürüzlü yapıda olması sebebiyle kabuk üzerinde tutunmaları kolay olmakta böylece bu partikül maddeler de kabuklardaki ağır metal konsantrasyonlarını artırmaktadır (Key ve ark., 2022). Nitekim özellikle dış kabuk ve odundaki ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırıldığı çalışmalarda dış kabuktaki ağır metal konsantrasyonlarının odundakinin çok üzerinde seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Koc, 2021a).

Çalışma sonucunda genel olarak içe dönük kısımlardaki Ca konsantrasyonlarının, yola dönük kısımlardaki konsantrasyonlardan daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç Ca'un havadaki konsantrasyonunun trafik kaynaklı olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Bugüne kadar Pb, Mn, Ni, Co, Fe, Al gibi pek çok ağır metalin havadaki konsantrasyonlarının trafik kaynaklı olarak arttığı belirlenmiştir (Karacocuk ve ark., 2022; Key ve ark., 2022). Oysa Ca'un trafik kaynaklı kirlilikten ziyade bazı organlarda organ yaşı ile orantılı olarak arttığı belirtilmektedir (Cetin ve ark., 2020). Çalışma sonuçları da odunlardaki Ca konsantrasyonunun son yıllarda artış eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Yapılan çok sayıda çalışmada farklı ağır metallerin farklı bitkiler ve bitkilerin farklı organları tarafından biriktirebilme potansiyellerinin oldukça farklı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Sevik ve ark., 2019). Bu durum büyük oranda bitki anatomik yapısı ve bitki ile ağır metalin

karşılıklı etkileşimine bağlı olarak şekillenmektedir (Arıcak ve ark., 2020). Bitki metabolizması da bütün fenotipik karakterler gibi bitki genetik yapısı (Yigit ve ark., 2016) ile çevre koşullarının (Cetin ve ark., 2018; Yigit ve ark., 2021) karşılıklı etkileşimi altında şekillenmektedir. Dolayısıyla bitki metabolizmasını önemli ölçüde etkileyen edafik (Cetin ve ark., 2022 a; Cetin ve ark., 2022 b) ve iklimatik (Ozkazanc ve ark., 2019; Canturk ve Kulac, 2021) koşullara ek olarak bitkinin genetik yapısı (Hrivnak ve ark., 2017), stres düzeyi (Sevik ve Cetin, 2015; Ozel ve ark., 2021a; Ozel ve ark., 2021b), bitki orijini (Imren ve ark., 2021), hormon uygulamaları (Guney ve ark., 2016 a; Guney ve ark., 2016 b), ilaçlama, gübreleme (Shults ve ark., 2020) gibi dış etkenler bitkilerde ağır metal emilimi ve birikimini etkilemektedir.

Çalışma sonuçları hem aynı yıl farklı yönlerde oluşan odunlar, hem de aynı yönde birbirini takip eden dönemlerde oluşan odunlardaki Ca konsantrasyonları arasında önemli ölçüde fark olduğunu göstermektedir. Bu durum Ca'un bitki içerisinde transferinin oldukça sınırlı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Ağır metallerin bitki bünyesine girişinden itibaren bitki içerisindeki türleşmeleri ve organlar arasında geçişleri konusunda da bilgi miktarı oldukça sınırlıdır (Savas ve ark., 2021). Örneğin Zhang (2019) *Cedrus deodora* odunlarında Zn ve Pb elementlerinin bir dereceye kadar yer değiştirdiğini fakat Cu elementinin ise hemen hemen hiç yer değiştirmedeği belirtmiştir. Koç (2021e) *Cedrus atlantica*'da odun içerisinde Ni elementinin transferinin oldukça sınırlı olduğunu ancak bu durumun Co için geçerli olmadığını belirtmektedir. Cesur ve ark., (2021) *Cupressus arizonica* odunlarında Cd ve Ni elementlerinin, Key ve ark., (2022) *Corylus colurna*'da Cd, Fe ve Al elementlerinin organlar ve hücreler arasındaki transferinin oldukça sınırlı düzeyde olduğunu belirtmektedir. Ca'un da bitki bünyesinde hareketsiz ağır metallerden birisi olduğu belirtilmektedir (Tuna ve Özer, 2005).

5. Öneriler

Çalışma sonuçları, Ca'un hem bitki organlarındaki değişimi, hem de trafik yoğunluğu ile ilişkisi konusunda önemli bilgiler sağlamaktadır. Önemli ağır metallerden birisi olan Ca, aynı zamanda bitki gelişimi için mutlak gerekli elementlerdendir. Yapılan çalışmalar son yıllarda özellikle sanayi ve trafik kaynaklı olarak birçok ağır metalin toprak, su ve havadaki konsantrasyonlarının arttığını göstermektedir. Ca, besin elementi olarak gerekli ağır metallerden birisi olmakla birlikte, yapılan çalışmalar besin elementi olarak gerekli elementler de dahil bütün ağır metallerin belirli konsantrasyonların üzerinde canlılar ve ekosistem için zararlı olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı diğer ağır metaller gibi Ca'un da hava, su ve topraktaki konsantrasyonlarının değişimi gözlenmelidir. Çalışmaya konu tür, Ca'un havadaki konsantrasyonlarının yıl bazında değişiminin izlenmesi amacıyla kullanılacak uygun bir biyomonitördür.

Kaynaklar

Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2020). The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2), 1051-1057

Bayraktar, E. P., Isinkaralar, O., & Isinkaralar, K. (2022). Usability of several species for monitoring and reducing the heavy metal pollution threatening the public health in urban environment of Ankara. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 14(3), 276-283.

Cantürk, U., Koç, İ. (2021). Evaluation of urban urban equipment in terms of landscape architecture: the case of Düzce city center. *6nd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'21)*, November 26-27-28, 2021, Cappadocia /TURKEY. p. 499

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* 28(27), 35642-35648. <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 Soil Pollut.* 233, 193. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05667-w>

Çetin, N., Mansuroğlu, S., & Önaç, A. K. (2018). Xeriscaping feasibility as an urban adaptation method for global warming: a case study from Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(3): 1009-1018

Çetin, M., Dönmez, A. H., & Türkkan, F. (2020). An investigation on employees' methods of coping with stress in the COVID-19 outbreak process. *Electronic Turkish Studies*, 15(6).

Cetin, M., Aljama, A. M. O., Alrabiti, O. B. M., Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022a). Determination and mapping of regional change of Pb and Cr pollution in Ankara city center. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(5), 1-10.

Cetin, M., Aljama, A. M. O., Alrabiti, O. B. M. Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022b). Using topsoil analysis to determine and map changes in Ni Co pollution. *Water Air Soil Pollut* 233, 293 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05762-y>

Chen, P., Bi, X., Zhang, J., Wu, J., & Feng, Y. (2015). Assessment of heavy metal pollution characteristics and human health risk of exposure to ambient PM_{2.5} in Tianjin, China. *Particuology*, 20, 104-109.

Epstein, E., & Bloom, A. (2005). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 2nd Edition, Sunderland, Mass: Sinauer Associates, USA.

Erdem, R. (2021). Change of several plant nutrient elements by plant species and organ. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(12), 2319-2324.

Gencel, O., Bayraktar, O. Y., Kaplan, G., Arslan, O., Nodehi, M., Benli, A., Gholampour, A., Ozbakkaloglu, T. (2022). Lightweight foam concrete containing expanded perlite and glass sand: Physico-mechanical, durability, and insulation properties. *Construction and Building Materials*, 320, 126187.

Ghoma, W., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Quality Atmosphere Health*, 15, 415-424. <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01146-z>

Guney, K., Cetin, M., Sevik, H., Guney K. B. (2016a). 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., Sevik, H., & Guney, K. B. (2016b). Effects of some hormone applications on germination and morphological characters of endangered plant species *Lilium artvinense* L. Seeds, New Challenges in Seed Biology-Basic and Translational Research Driving Seed Technology, Dr. Susana Araújo. *InTech*, 4, 97-112.

Gur, E., Cetin, M., Ozel, H.B., Guney, K., Sevik, H. (2021). The effect of hormone treatments on germination and seedling characters of sage (*Salvia officinalis* L.) seeds. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 36(2), 62-69. <https://doi.org/10.47059/alinteri/V36I2/AJAS21115>

Güler, C., Kulaç, Ş., & Özyürek, Ö. (2020). Physical, chemical and mechanical properties of the coast redwood (*Sequoia sempervirens* Lamb. Endl.) grown in Turkey. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(3), 832-840.

Güney, D., Yahyaoglu, Z., Bayraktar, A., Atar, F., & Turna, I. (2019). Genetic diversity of *Picea orientalis* (L.) link populations in Turkey. *Sumarski List*, 143.

Güney, D., Atar, F., Turna, İ., & Günlü, A. (2022). Effects of precommercial thinning intensity on growth of *Fagus orientalis* Lipsky stands over 6 years. *Journal of Forestry Research*, 33(3), 937-947.

Hrivnák, M., Paule, L., Krajmerová, D., Kulaç, Ş., Şevik, H., Turna, İ., Tvauri, I. & Gömöry, D. (2017). Genetic variation in Tertiary relics: The case of eastern-Mediterranean *Abies* (Pinaceae). *Ecology and Evolution*, 7(23), 10018-10030.

Imren, E., Kurt, R., Yucedag, C., Bilir, N., Ozel, H.B., Cetin, M., Sevik, H. (2021). Selection of superior clones by the multi-dimensional decision making techniques in scots pine seed orchard. *Journal of Forests*, 8(1), 13-22.

Isinkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., & Sevik, H. (2022). Atmospheric Cd, Cr, and Zn deposition in several landscape plants in Mersin, *Türkiye. Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 1-10.

Isinkaralar, K. (2022a). Theoretical removal study of gas form BTEX onto activated carbon produced from *Digitalis purpurea* L. biomass. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02558-2>

Isinkaralar K. (2022b). Some atmospheric trace metals deposition in selected trees as a possible biomonitor. *Romanian Biotechnological Letters*, 27(1), 3227-3236. <https://doi.org/10.25083/rbl/27.7/3227-3236>.

Isinkaralar, K. (2022 c). Atmospheric deposition of Pb and Cd in the *Cedrus atlantica* for environmental biomonitoring. *Landscape and Ecological Engineering*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11355-022-00503-z>

Jones, C. & Jacobsen, J. (2001). Plant nutrition and soil fertility. Nutrient management module 2. Montana State University Extension Service. *Publication*, 4449-2.

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., 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), 1-13.

Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., Sevik, H. (2021) Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 143, 379–388. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2>

Koç, İ. (2019). Conifers Response to Water Stress: Physiological Responses and Effects on Nutrient Use Physiology. [Doctoral thesis, Michigan State University]. Michigan, United States America, 171 pp. <https://www.proquest.com/pagepdf/2217187846?accountid=35366>

Koç, İ. (2021a). Changes that may occur in temperature, rain, and climate types due to global climate change: the example of Düzce. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 9(8), 1545-1554.

Koç, İ. (2021b). The effect of global climate change on some climate parameters and climate types in Bolu. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 23(2), 706-719.

Koç, İ. (2021c). Examining seed germination rate and seedlings gas exchange performances of some Turkish red pine provenances under water stress. *Düzce University Journal of Science & Technology*, 9(3), 48-60.

Koç, İ. (2021d). Examination of gas exchange parameters of *Abies balsamea* (L.) Mill. and *Abies concolor* saplings, grown under various water regime, exposed to extreme drought stress at the end of the growing season. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 592-605.

Koç, İ. (2021e). 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. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13272-3>

Koç, İ. (2022a). Determining the biocomfort zones in near future under global climate change scenarios in Antalya. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 6-17.

Koç, İ. (2022b). Comparison of the Gas Exchange Parameters of Two Maple Species (*Acer negundo* and *Acer pseudoplatanus*) Seedlings under Drought Stress. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(1), 65-76.

Koç, İ., Cantürk, U., & Çobanoğlu, H. (2022). Changes of plant nutrients K and Mg in several plants based on traffic density and organs. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 54-59.

Koç, İ., Nzokou, P. (2022). Do various conifers respond differently to water stress? A comparative study of white pine, concolor and balsam fir. *Kastamonu University Journal of Forest Faculty*, 22(1), 1-16.

Koç, İ., Nzokou, P., Cregg B. (2021). 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*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11056-021-09894-7>

Kravkaz Kuscu, I. S., Cetin, M., Yigit, N., Savaci, G., & Sevik, H. (2018a). Relationship between enzyme activity (urease-catalase) and nutrient element in soil use. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(5), 2107-2112.

Kravkaz-Kuscu, I. S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., & Savaci, G. (2018b). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taşköprü (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3), 1613-1617.

- Kursuncu, B., Gencil, O., Bayraktar, O. Y., Shi, J., Nematzadeh, M., & Kaplan, G. (2022). Optimization of foam concrete characteristics using response surface methodology and artificial neural networks. *Construction and Building Materials*, 337, 127575.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H.B., Aricak, B., Onat, S.M., Sevik, H. (2022). Change of Aluminum Concentrations in Specific Plants by Species, Organ, Washing, and Traffic Density. *BioResources*, (InPress)
- Martín, J. R., De Arana, C., Ramos-Miras, J. J., Gil, C., & Boluda, R. (2015). Impact of 70 years urban growth associated with heavy metal pollution. *Environmental Pollution*, 196, 156-163.
- Mossi, M. M. M. (2018). Determination of heavy metal accumulation in some shrub formed landscape plants. [Doctoral thesis, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering]. Kastamonu University, 141 p.
- Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Varol, T., Isik, B., Yaman, B. (2021a). The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura* 72(3), 359-365. <https://doi.org/10.1007/s42977-021-00085-1>
- Ozel, H. B., Abo Aisha, A. E. S., Cetin, M. Sevik, H., Zeren Cetin, I. (2021b). The effects of increased exposure time to UV-B radiation on germination and seedling development of Anatolian black pine seeds. *Environmental Monitoring Assessment*, 193, 388. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09178-9>
- Ozkazanc, N. K., Ozay, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). The habitat, ecological life conditions, and usage characteristics of the otter (*Lutra lutra* L. 1758) in the Balıkdami Wildlife Development Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(11), 645.
- Özel, H. B., Şevik, H., Onat, S. M., & Yigit, N. (2022). The effect of geographic location and seed storage time on the content of fatty acids in stone pine (*Pinus pinea* L.) seeds. *BioResources*, 17(3), 5038-5048.
- Savas, D.S., Sevik, H., Isinkaralar, K. Turkyilmaz, A. & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environmental Science Pollution Research*, 28(39), 55446-55453. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1>
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12843-12857.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Akarsu, H., & Cetin, I. Z. (2020a). Analyzing of usability of tree-rings as biomonitors for monitoring heavy metal accumulation in the atmosphere in urban area: a case study of cedar tree (*Cedrus* sp.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(1), 23.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020b). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 78.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Erbek, A., & Cetin, I. Z. (2021). The effect of climate on leaf micromorphological characteristics in some broad-leaved species. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6395-6407.

- 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.
- Shults, P., Nzokou, P., Koc, I. (2020). Nitrogen contributions of alley cropped *Trifolium pratense* may sustain short rotation woody crop yields on marginal lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 117, 261–272. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10068-8>
- Tuna, L. A. & Özer, Ö. (2005). Effect of Different Calcium Compounds on the Fruit Yield, Nutrition and Some Quality Properties of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Plant, Ege Üniv. *Ziraat Fak. Dergisi*, 42(1):203-212.
- 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.
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E. A. A. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3), 2385-2398.
- Türkmen, Ö., Şensoy, S., Erdal, İ. & Kabay, T., (2002). Effects of Calcium on the Emergence and Seedling Growth of Tomatoes Grown in Salty Growing Media Conditions, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(2), 53-57.
- Ucun Ozel, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Gemici, B. T., & Varol, T. (2019). Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartın River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(9), 594.
- Varol, T., Cetin, M., Ozel, H.B., Sevik, H., Zeren Cetin, I. (2022a). The Effects of Climate Change Scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water Air Soil Pollution* 233, 45. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05516-w>
- 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*, 1-11.
- Yağmur, B., Aydın, Ş., & Çoban, H. (2005). The effect of foliar iron (Fe) Applications on the Mineral Elements Content of Vineyard Leafs. *Ege Üniv. Ziraat. Fak. Dergisi*, 42(3),135-145.
- 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., Sevik, H., Cetin, M., & Gul, L. (2016). 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., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S.M., Ozel, H.B., Cetin, M., Olgun, C. (2021). Identification of some fiber characteristics in *Rosa sp.* and *Nerium oleander* L. wood grown under different ecological conditions. *BioResources*, 16(3), 5862-5874. <https://doi.org/10.15376/biores.14.3.7015-7024>
- Zeren Cetin, I., Varol, T., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2022). The effects of climate on land use/cover: a case study in Turkey by using remote sensing data. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.

Zhang, X. (2019). The history of pollution elements in Zhengzhou, China recorded by tree rings. *Dendrochronologia*, 54, 71-77.