

TİTREK KAVAK (POPULUS TREMULA) YAPRAKLARININ ELEMENT BİRİKTİRME KABİLİYETİNE DAİR

Zafer Çakır^{*1}, Alaaddin Vural²

¹Matematik / Eğitim Fakültesi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Türkiye; ORCID: ID/0000-0003-4002-2338

²Jeoloji / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye; ORCID: ID/0000-0002-0446-828X

^{*}(zafer.cakir@alanya.edu.tr) Başlıca yazarın mail adresi

Özet – Bu çalışma kapsamında titrek kavak (*Populus tremula*) ağacının topraktan element biriktirme kabiliyetinin matematiksel modellemesinin yapılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, hidrotermal alterasyona maruz kalmış bölgede (Avliyana – Gümüşhane / Türkiye) belli aralıklarla toprak örnekleri ve toprak örneklerinin alındığı kesimde yetişmiş titrek kavak ağaçlarından da yaprak örnekleri alınmış ve element içeriklerinin tespit edilmesine yönelik olarak analizleri gerçekleştirilmiştir. Toprak ve yapraklardaki element içerikleri değişik istatistiksel metotlarla değerlendirilmiş ve titrek kavak yapraklarının element biriktirme kabiliyetleri matematiksel olarak modellenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda titrek kavak yapraklarının topraktan element alma kabiliyetleri Freundlich fonksiyonu baz alınarak modifiye bir yöntemle belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda Freundlich fonksiyonundaki a ve b katsayılarının 4. dereceden bir yaklaşım polinomu kullanılarak hesaplanmasının belirgin 2 önemli avantaja sahip olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen birinci avantaj kullanılan modelle elde edilmiş grafikler Freundlich fonksiyonu ile elde edilmiş grafiklere göre daha anlaşılır ve gerçekçi olmasıdır. İkinci avantajı ise toprak ve aynı toprak üzerinde yetişmiş kavak yapraklarının element içerikleri arasındaki regresyon modelinin daha çok noktadan geçecek şekilde oluşturulmasına imkan vermesidir.

Anahtar Kelimeler – Freundlich Fonksiyonu, Matematik Modelleme, Ağır Metal Transferi, Bitki Jeokimyası, Gümüşhane

I. GİRİŞ

Maden arama çalışmalarında pek çok yöntemden yararlanılmaktadır [1]–[5]. Bunların en başında da genel prospeksiyon amaçlı yapılan toprak ve bitki jeokimyası çalışmaları gelmektedir. Bitkilerin maden arama çalışmalarında kullanılmaları yeni bir metot olmayıp, 20. yüzyılın başlarında özellikle Rusya’da bitki jeokimyası çalışmalarıyla birçok maden yatağı bulunmuştur. Bitkilerin element biriktirme kabiliyetlerinden yararlanılarak maden arama çalışmalarının birçok avantajı vardır. Özellikle bitkiler kökleriyle yüzeyden derinlere doğru uzanmakta ve belli bir derinliğe kadar bu sayede yer altı hakkında bilgi vermektedir. Bu avantajları nedeniyle de bitkiler, bitki jeokimyası çalışmaları yanında bitkilerin fitoremedasyon, fitoekstraksiyon gibi özelliklerine yönelik de pek çok çalışma bulunmaktadır [6], [7], [16], [8]–[15].

Bu çalışmanın amacı, Gümüşhane Torul İlçesi sınırları içinde bulunan Avliyana antimonit cevherleşme sahasındaki topraklar üzerinde yetişen titrek kavak (*Populus tremula*) ağaçlarının yapraklarının element biriktirme kabiliyetlerine yönelik ideal ve kullanışlı matematiksel bir modelin ortaya konmasıdır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Örneklerin temini ve Analizleri

Çalışmanın ana materyalleri olan toprak ve titrek kavak yaprak örneklerinin element içerikleri Vural ve Çiçek [17] tarafından gerçekleştirilen proje çalışmasından alınmış olup, örnek alım süreçleri ve analiz detayları Vural ve Çiçek [17]’de verilmiştir.

B. Matematiksel Modelleme

Topraktan bitkiye/ağaca (yaprak veya başka bölümlerine) element transferinin anlaşılmasına

yönelik farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu kapsamda toprak ve incelenen bitki bölümü arasında bir regresyon modeli kurularak bitkinin element biriktirme kabiliyeti anlaşılmasına çalışılmaktadır. Bu ilişkinin belirlenmesinde genellikle doğrusal fonksiyonlar kullanılmaktadır. Özellikle element zenginleşmesi gösteren topraklarda yetişen bitkilere yönelik çalışmalarda Freundlich fonksiyonundan yararlanılan çalışmalara da rastlanmaktadır [2], [6], [18]–[20].

Topraktan bitkiye element taşınımını tespit ederken kullanılan Freundlich fonksiyonu,

$$c_{bitki} = b \cdot (c_{toprak})^a \quad (1)$$

olarak ifade edilmektedir [21]. Fonksiyonel yapıda işlemleri yürütebilmek için,

$$c_{bitki} = y, \quad c_{toprak} = x$$

gösterimi kullanılmıştır. Bu durumda fonksiyon aşağıdaki şekle dönüştürülmüştür:

$$y = b \cdot x^a \Rightarrow \log y = a \cdot \log x + \log b. \quad (2)$$

Burada x -toprakta ölçülen metal konsantrasyonuna, y -bitkide ölçülen metal konsantrasyonuna karşılık gelmektedir. İlgilenilen lokasyondaki toprak-bitki arasında metal geçişkenliğinin belirlenmesinde ve genellenmesinde karşılaşılan en önemli problem; bir bitki veya bitki bölümünün topraktan elementleri biriktirme kabiliyetinin ölçüsü olan b ve bir bitkinin element birikimini aktif olarak etkileme kapasitesine karşılık gelen a katsayılarının belirlenmesidir. Bu amaçla literatürde yer alan klasik yöntem; ölçülen $(c_t, c_b) = (x, y)$ noktalarını enterpole eden,

$$u = m \cdot t + n \quad (3)$$

şeklindeki lineer yaklaşımla, (2) denklemi eşleştirilerek a ve b katsayılarının belirlenmesidir [18]. Burada;

$$u = \log y, m = a, \quad t = \log x, \quad n = \log b$$

dir. Bu yöntemin uygulaması basit olmasına karşın, özellikle korelasyonun zayıf olduğu durumlarda, ölçülen noktaları temsil etme kabiliyeti oldukça zayıftır.

Bu çalışmada, a ve b katsayılarını, ölçülen noktaları temsil etme kabiliyeti açısından daha duyarlı bir şekilde belirleyebilmek amacıyla, alternatif bir yöntem önerilmiştir. Bunun için öncelikle (1) denklemini $x > 0$ olmak üzere sürekli formda

$$y = f(x) = b \cdot x^a$$

şeklinde bir kuvvet fonksiyonu olarak ele alınmaktadır. $x_0 \neq 0$ olmak üzere, kuvvet

fonksiyonunun 4. mertebeye kadar türevlerinin x_0 noktasındaki değerleri,

$$f(x) = bx^a \Rightarrow f'(x_0) = bax_0^{a-1} \Rightarrow f''(x_0) = ba(a-1)x_0^{a-2}$$

$$f'''(x_0) = ba(a-1)(a-2)x_0^{a-3} \Rightarrow f^{(4)}(x_0) = ba(a-1)(a-2)(a-3)x_0^{a-4}$$

olarak bulunur. Bu ifadeler, $\bar{x} = x_0$ -ortalama noktası civarındaki Taylor seri açılımında yerine yazıldığında,

$$y = f(x) \approx f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0)$$

$$+ \frac{f''(x_0)}{2!}(x - x_0)^2$$

$$+ \frac{f'''(x_0)}{3!}(x - x_0)^3$$

$$+ \frac{f^{(4)}(x_0)}{4!}(x - x_0)^4$$

$$f(x) \approx bx_0^a + bax_0^{a-1}(x - x_0)$$

$$+ \frac{ba(a-1)x_0^{a-2}}{2!}(x - x_0)^2$$

$$+ \frac{ba(a-1)(a-2)x_0^{a-3}}{3!}(x - x_0)^3$$

$$+ \frac{ba(a-1)(a-2)(a-3)x_0^{a-4}}{4!}(x - x_0)^4 \quad (4)$$

olduğu görülür.

Diğer taraftan, ölçülen $(c_{toprak}, c_{bitki}) = (x, y)$ noktalarını enterpole eden 4. dereceden polinomun, en küçük kareler yöntemiyle hesaplandığını ve $m_4 \neq 0$ için

$$u(x) = m_4x^4 + m_3x^3 + m_2x^2 + m_1x + m_0 \quad (5)$$

şeklinde sembolize edildiği varsayalım.

Freundlich fonksiyonunun 4. dereceye kadar Taylor açılımından elde edilen fonksiyon ile (5)'de verilen 4. dereceden polinom fonksiyonunun yaklaşık denk olduğundan hareketle a - katsayısını belirleyelim. Bunun için (4) ve (5) ifadelerinden

$$f(x) \approx u(x)$$

$$\Rightarrow bx_0^a + bax_0^{a-1}(x - x_0)$$

$$+ \frac{ba(a-1)x_0^{a-2}}{2!}(x - x_0)^2$$

$$+ \frac{ba(a-1)(a-2)x_0^{a-3}}{3!}(x - x_0)^3$$

$$+ \frac{ba(a-1)(a-2)(a-3)x_0^{a-4}}{4!}(x - x_0)^4$$

$$\approx m_4x^4 + m_3x^3 + m_2x^2 + m_1x + m_0$$

yazılabilir. Polinomların eşitliği bilgisi kullanıldığında,

$$m_4 = \frac{ba(a-1)(a-2)(a-3)x_0^{a-4}}{4!} \quad (6)$$

$$m_3 = \frac{ba(a-1)(a-2)(4-a)x_0^{a-3}}{3!} \quad (7)$$

olduğu görülür. (6) ve (7) ifadeleri birlikte çözüldüğünde,

$$\frac{m_4}{m_3} = \frac{ba(a-1)(a-2)(a-3)x_0^{a-4}}{3! \cdot 4} \cdot \frac{ba(a-1)(a-2)(4-a)x_0^{a-3}}{3!}$$

$$\Rightarrow a = \frac{16 x_0 m_4 + 3 m_3}{4 x_0 m_4 + m_3} \quad (8)$$

olarak elde edilir.

b 'nin hesabı:

$\bar{x} = x_0$ -ölçümlerin ortalaması, $y_0 = u(x_0) = m_4 x_0^4 + m_3 x_0^3 + m_2 x_0^2 + m_1 x_0 + m_0$ -hesaplanan değer olmak üzere,

$$y_0 = b \cdot x_0^a \Rightarrow b = y_0 \cdot x_0^{-a} \quad (9)$$

şeklinde bulunur.

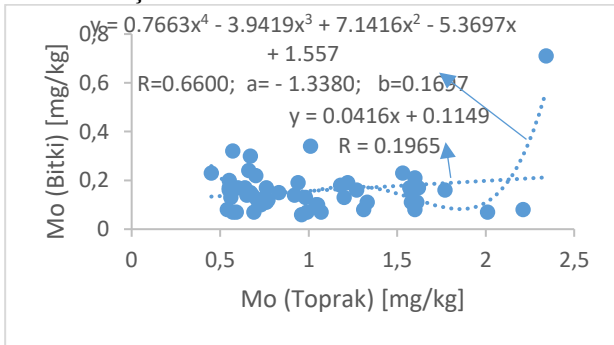
Böylece (8) ve (9)'da belirlenen a ve b katsayıları, Freundlich fonksiyonunda kullanılarak, elementlerin topraktan bitkiye geçişkenliği,

$$y = b \cdot x^a, \quad (c_{bitki} = b \cdot (c_{toprak})^a) \quad (10)$$

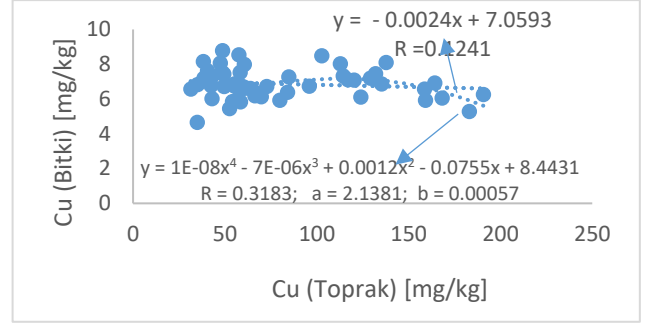
bağıntısıyla ifade edilir.

III. BULGULAR

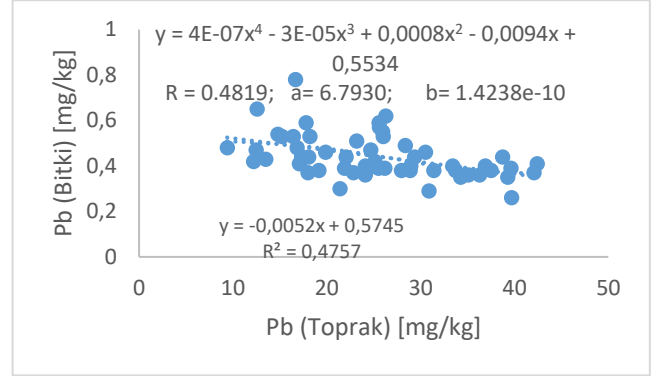
Çalışmada bitki ve toprak konsantrasyonlarının istatistiksel değerlendirmeleri gerçekleştirilmiş ancak bu bulguların sunu ayrı bir çalışmada düşünülmüştür. Bu çalışmada ise geliştirilen matematiksel modelin uygulaması Mo, Cu, Pb elementleri için gerçekleştirilmiştir. Model yardımıyla oluşturulan regresyon grafikleri Şekil 1-3'te verilmiştir.



Şekil 1. Toprak ve kavak yaprakları arasındaki Mo elementinin regresyon modeline ait grafik



Şekil 2. Toprak ve kavak yaprakları arasındaki Cu elementinin regresyon modeline ait grafik



Şekil 3. Toprak ve kavak yaprakları arasındaki Pb elementinin regresyon modeline ait grafik

Çalışma kapsamında özellikle Mo elementi için toprak kayaç arasında dikkate değer bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 1).

IV. SONUÇLAR

Çalışma sonucunda toprak-titre kavak yaprakları arasındaki element geçişi Freundlich fonksiyonu modifiye edilerek 4. dereceden bir yaklaşım polinomu kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen regresyon modelinin lineer yaklaşıma göre daha çok noktayı kapsayacak şekilde bir modellemeye sahip olduğu için daha doğru bir yaklaşım sunduğu sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan veriler Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından (Proje No:19.F5114.01.02) desteklenen projeye ait olup, yazarlar Gümüşhane Üniversitesine teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- [1] A. Vural ve B. Çiçek, "Cevherleşme Sahasında Gelişmiş Topraklardaki Ağır Metal Kirliliği", *Düzce*

- Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 8, ss. 1533–1547, 2020, doi: 10.29130/dubited.643775.
- [2] A. Vural, “Canca (Gümüşhane) Alterasyon Sahasında Toprak ve Bitki Jeokimyası Çalışmaları ile Altın Potansiyelinin Araştırılması”, Ankara, Türkiye, 2014.
- [3] A. Vural ve D. Aydal, “Soil geochemistry study of the listvenite area of Ayvacik (Çanakkale, Turkey)”, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, c. 18, sayı 3, ss. 205–215, 2020.
- [4] A. Vural ve D. Aydal, “Soil geochemical prospecting at listvenite area, Bayramiç, (Çanakkale Turkey)”, içinde *34th National and the 2nd International Geosciences Congress*, 2016.
- [5] A. Vural ve D. Aydal, “Using soil geochemistry for gold exploration: Ayvacık (Çanakkale-Northwest Turkey)”, içinde *34th National and the 2nd International Geosciences Congress*, 2016.
- [6] A. Vural, “Toprak ve Akasya ağacı sürgünlerindeki iz/ağır metal dağılımı, Gümüşhane-Türkiye”, *MTA Dergisi*, c. 148, ss. 85–106, 2014.
- [7] A. Vural, “Heavy metal pollution from listwaenitization: In case of Alakeçi (Bayramiç-Çanakkale/West Türkiye)”, *Turkish Journal of Analytical Chemistry*, c. 4, sayı 2, ss. 94–102, Kas. 2022, doi: 10.51435/turkjac.1190831.
- [8] A. Vural, “Relationship between the geological environment and element accumulation capacity of Helichrysum arenarium”, *Arabian Journal of Geosciences*, c. 11, sayı 11, s. 258, Haz. 2018, doi: 10.1007/s12517-018-3609-0.
- [9] A. Vural, “Sığırkuyruğu (*Verbascum speciosum*) Bitkisinin Element Biriktirme Kapasitesi (Element Accumulation Capacity of Mullein (*Verbascum Speciosum*))”, içinde *Hoca Ahmet Yesevi Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, 2019, ss. 774–782.
- [10] A. Vural, “Hidrotermal Olarak Kirlenmiş Topraklarda Yetişen Meşe Ağaçlarının Element Biriktirme Karakteri: Gümüşhane, Kuzeydoğu Türkiye”, içinde *2. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu*, 2015, ss. 113–114.
- [11] A. Vural, “Investigation of the relationship between rare earth elements, trace elements, and major oxides in soil geochemistry”, *Environmental Monitoring and Assessment*, c. 192, sayı 2, s. 124, Şub. 2020, doi: 10.1007/s10661-020-8069-9.
- [12] A. Vural, “Hidrotermal Alterasyona Bağlı Element Kirliliği : Canca (Gümüşhane - Türkiye) Elemental Pollution Due to Hydrothermal Alteration : Canca (Gümüşhane - Türkiye)”, *Journal of Investigations on Engineering & Technology*, c. 5, sayı 2, ss. 87–103, 2022.
- [13] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Helichrysum arenarium bitkisinin element birikme kabiliyetinin biyojeokimyasal amaçlı araştırılması”, içinde *4th International European Conference on Interdisciplinary Scientific Research*, 2021, ss. 15–32.
- [14] A. Vural, “Investigation of Major and Trace Element Contents of Aspen Trees (*Populus Tremula*)”, içinde *3rd International Conference on Advanced Engineering Technologies*, 2019, ss. 896–903.
- [15] A. Vural, “Gold and Silver Content of Plant Helichrysum Arenarium, Popularly Known as the Golden Flower, Growing in Gümüşhane, NE Turkey”, *Acta Physica Polonica A*, c. 132, sayı 3–II, ss. 978–980, Eyl. 2017, doi: 10.12693/APhysPolA.132.978.
- [16] A. Vural ve S. Safari, “Phytoremediation ability of Helichrysum arenarium plant for Au and Ag: case study at Demirören village (Gümüşhane, Turkey)”, *Gold Bulletin*, c. 55, sayı 2, ss. 129–136, Eki. 2022, doi: 10.1007/s13404-022-00313-z.
- [17] A. Vural ve B. Çiçek, “Gümüştüğü Antimonit Cevherleşmesinin Toprak Jeokimyası ve Titrek Kavak (*Populus Tremula*)’nın Biyojeokimyasal Özelliklerinden Yararlanılarak Araştırılması”, Gümüşhane, Türkiye, 2021.
- [18] M. Krauss, W. Wilcke, J. Kobza, ve W. Zech, “Predicting heavy metal transfer from soil to plant: Potential use of Freundlich-type functions”, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, c. 165, sayı 1, ss. 3–8, 2002, doi: 10.1002/1522-2624(200202)165:1<3::AID-JPLN3>3.0.CO;2-B.
- [19] A. Vural, “Trace/heavy metal accumulation in soil and in the shoots of acacia tree, Gümüşhane-Türkiye”, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, c. 148, ss. 85–106, 2014.
- [20] G. Yaylali-Abanuz ve N. Tüysüz, “Heavy metal contamination of soils and tea plants in the eastern black sea region, NE Turkey”, *Environmental Earth Sciences*, c. 59, sayı 1, ss. 131–144, 2009, doi: 10.1007/s12665-009-0011-y.
- [21] G. Sposito, *The Surface Chemistry of Soils*. New York: Oxford University Press, 1984.