

Kırıkhan–Kumlu Bölgesi Topraklarının Molibden İçeriği ve Topraktaki Bazı Ağır Metaller ile İlişkilerinin Belirlenmesi

Mehmet YALÇIN ^{1*} ¹ Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Hatay*Sorumlu yazar (Corresponding author): myalcin@mku.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 10.01.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 20.02.2024

Özet

Bu çalışmada Kırıkhan-Kumlu bölgesi topraklarının molibden içeriğinin belirlenmesi ve toprak içerisindeki bazı ağır metaller ile ilişkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Bu amaç için Kırıkhan-Kumlu bölgesi topraklarını temsil edecek şekilde iki farklı derinlik (0-20 ve 20-40 cm) ve 30 ayrı noktadan olmak üzere toplamda 60 toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde; Kadmium (Cd), Kobalt (Co), Krom (Cr), Nikel (Ni), Demir (Fe) ve Molibden (Mo) içerikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; toprakların Cd içerikleri 0.01-0.06 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Co içeriği 0.02-0.22 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Cr 0.03-0.77 $\mu\text{g kg}^{-1}$, Ni içerikleri 0.70-6.56 mg kg^{-1} ; Fe içerikleri 4.04-13.09 mg kg^{-1} ve Mo içerikleri 0.01-0.23 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında bulunmuştur. Toprakların Mo ile Cr içeriği arasında negatif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Aynı zamanda Cd ile Ni; Co ile Cr ve Ni ve Ni ile Fe aralarında ise pozitif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Bölge topraklarının ağır metal içerikleri sınır değerler ile karşılaştırıldığında herhangi bir ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Molibden içeriği, kırıkhan-kumlu, ağır metaller

Determination of Molybdenum Content of Soils of Kirikhan-Kumlu Region and Relationships with Some Heavy Metals in Soil

Abstract

In this study, it was aimed to determine the molybdenum content of the soils of Kırıkhan-Kumlu region and to determine their relationship with some heavy metals in the soil. For this purpose, a total of 60 soil samples were taken from two different depths (0-20 and 20-40 cm) and 30 different points to represent the soils of Kırıkhan-Kumlu region. Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Chromium (Cr), Nickel (Ni), Iron (Fe) and Molybdenum (Mo) contents were determined in the soil samples. According to the results of the research; Cd content of the soils was found between 0.01-0.06 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Co content 0.02-0.22 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Cr 0.03-0.77 $\mu\text{g kg}^{-1}$, Ni content 0.70-6.56 mg kg^{-1} ; Fe content 4.04-13.09 mg kg^{-1} and Mo content 0.01-0.23 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Negative significant relationships were determined between Mo and Cr content of soils. At the same time, positive significant relationships were determined between Cd and Ni, Co and Cr and Ni and Ni and Fe. When the heavy metal contents of the soils of the region were compared with the limit values, no heavy metal pollution was found.

Keywords: Molybdenum content, kırıkhan-kumlu, heavy metals

1. Giriş

Toprak, ana materyalin fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışma süreçlerinin sonucunda oluşan, belirli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip olan ve içinde yaşamı barındıran dinamik bir üç boyutlu sistemdir. Bitkilere yaşam alanı ve besin sağlayarak canlıları destekler. Bu özellikleriyle toprak, doğadaki hava ve su ekosistemleriyle birlikte üç temel ekosistemden birini oluşturur. Toprak, kirleticileri tutma ve filtrasyon özelliği sayesinde su ve hava ekosistemlerinin kirliliğini önlemede önemli bir role sahiptir (Tacıroğlu ve ark., 2016). Molibden (Mo), doğada önemli bir element olup nispeten düşük toksisiteye sahiptir (İpek, 2003). Atomik ağırlığı 95.94 olan molibden, koyu gri siyah renkte olup periyodik cetvelin VI-B serisinde çözünebilir ve çözünemeyen bileşikler şeklinde bulunur (Barceloux, 1999). Toprakta yetiştirilen bitkilerdeki molibden içeriği, toprağın molibden içeriği ve pH değeri gibi faktörlere bağlı olarak mevsimsel olarak değişkenlik gösterir (McDowell, 1992). Toprak çözeltisinin çok düşük olan pH koşulları altında, molibdenin (Mo) hareketliliği azalır, ancak bakır (Cu), manganez (Mn), çinko (Zn) ve kobaltın (Co) hareketliliği artar (Breus ve Yevtushenko, 2022).

Ağır metaller, insan faaliyetlerinin sonucu olarak antik çağlardan beri doğal döngülerin dışında atmosfere ve toprağa yayılmaya başlamıştır. Endüstri faaliyetleri sırasında ortaya çıkan su ve hava kirleticileri, kimyasal yollarla toprağa karışma eğilimindedir. Bu endüstriyel gelişmeler, ağır metal kirliliğini artırmış ve zamanla büyük boyutlara ulaşmıştır (Seven ve ark., 2018). Toprak kirliliği açısından, ağır metaller en önemli kirletici kaynaklardan biridir. Topraklara karışan ve biriken ağır metaller, mikrobiyal aktiviteyi, toprak verimliliğini, biyolojik çeşitliliği ve ürünlerdeki verim kayıplarını etkileyerek, besin zinciri yoluyla sıcakkanlılarda zehirlenmelere kadar çeşitli çevresel ve insan sağlığı sorunlarına yol açabilir (Özay ve Mammadov, 2013). Ağır metal kirliliği,

toprakta giderilmesi en zor kirlilik türlerinden biridir. Ağır metaller, toprağa oluşum sırasında ana materyalin yapısında bulunmaları ve maden, endüstri ve tarımda kullanılan kimyasal maddeler gibi çeşitli kirleticilerle toprağa karışabilmektedirler. Bu durum, toprak ekosisteminde bulunan canlılara toksik etki yapar ve toprakta biyolojik ve biyokimyasal reaksiyonları etkileyerek toprak özelliklerinde bozulmalara neden olabilir (Tacıroğlu ve ark., 2016).

Tabiatı koruyan doğal topraklar, kentleşme, sanayileşme ve aşırı gübre ve pestisit kullanımı gibi çeşitli insan faaliyetleriyle kirlenmektedir. Özellikle uluslararası otoyolların yakınındaki tarım alanları, yoğun araç trafiği nedeniyle daha yüksek ağır metal kirliliği riski altındadır (Küçük ve Karaoğlu, 2021). Günümüzdeki artan sanayileşme ve kentleşme, çeşitli çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sorunların başında ağır metaller gelmektedir; çünkü hava, toprak ve su kaynaklarında kirliliklere yol açarlar. Ağır metaller, bitki fizyolojisini olumsuz etkileyerek bitkisel üretimi azaltır ve besin zinciri yoluyla canlı sağlığını tehdit ederler (Yerli ve ark., 2020). Endüstrinin gelişmesi ve insan kaynaklı etkiler, ağır metal kaynaklı çevre kirliliğinin artmasına katkıda bulunmaktadır (Yurdakul ve ark., 2023). Ülkemizde ağır metallerle ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Aynı bölgede gerçekleştirilen bir çalışmada, Yalçın (2023a), Kırıkhan-Reyhanlı bölgesindeki tarım topraklarının molibden içeriği ve bazı ağır metallerle ilişkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, toprakların Cd içeriği 0.009-0.041 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında, Co içeriği 0.011-0.317 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında, Cr içeriği 0.008-0.187 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında, Ni içeriği 0.787-6.211 ppm arasında, Cu içeriği 1.11-3.77 ppm arasında, Fe içeriği 2.80-15.09 ppm arasında ve Mo içeriği 0.006-0.101 $\mu\text{g kg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Toprakların Mo ile Co ve Ni içerikleri arasında pozitif önemli ilişkiler tespit edilmiş, ancak Cr içeriği ile negatif önemli ilişkiler belirlenmiştir.

Ayrıca, Cd ile Co ve Ni arasında, Co ile Ni ve Cu arasında, ve Cu ile Fe arasında pozitif önemli ilişkiler bulunmuştur. Bölgedeki toprakların ağır metal içerikleri, sınır değerlerle karşılaştırıldığında herhangi bir ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır. Yakın bir bölgede, Yalçın (2020a) Şanlıurfa ili Siverek ilçesi yaygın toprak guruplarının ağır metal içeriklerinin mekânsal dağılımının belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucuna göre; Toprakların ortalama pH, tuz, kireç ve organik madde içerikleri sırasıyla 7.54-7.57, % 0.06-0.06, % 3.64-3.84 ve % 1.89-1.99 arasında değişmiştir. Çalışma alanı topraklarının 0-20 ve 20-40 cm derinliklerindeki ortalama ağır metal konsantrasyonları $Mn > Fe > Cu > Ni > Zn > Co > Cd > Cr$ sıralamasını takip etmiştir. Çalışma alanı topraklarının ağır metal içeriklerinin lagmesafeleri 16 ile 64 km arasında belirlenmiştir. Sonuçlara göre çalışma alanı topraklarının Cd içeriği ile Ni, Cu, Mn ve Zn arasında pozitif yönde güçlü bir korelasyon olduğu görülmüştür. Çalışma alanı topraklarının ağır metal veri setleri yardımı ve kriging yöntemi ile hazırlanan

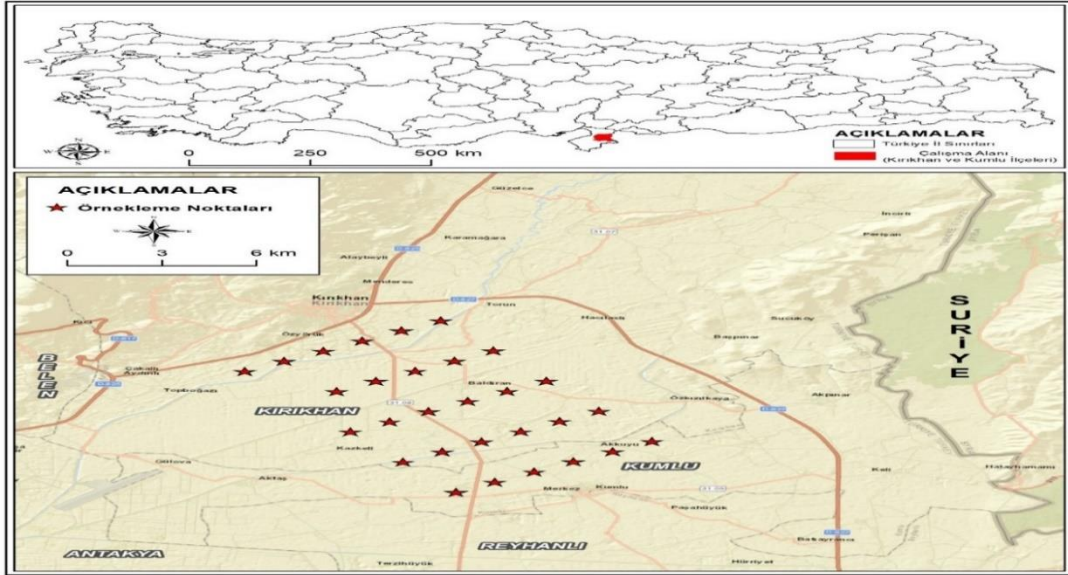
konumsal dağılım haritalarının, Şanlıurfa ili Siverek ilçesi yaygın toprak serilerinin toprakları için ağır metallerin yüksek ve düşük konsantrasyona sahip olduğu alanların belirlenmesinde başarı ile kullanılabilceği görülmüştür.

Çalışmanın amacı, Kırıkhan-Kumlu bölgesindeki toprakların molibden düzeyi ile bu topraklardaki bazı ağır metaller arasındaki ilişkileri belirlemek ve bu bilgilerin tarım topraklarının verimliliği ve kalitesine katkıda bulunmasıdır. Bu şekilde, bu bölgede tarım ve ona dayalı geçimini sağlayan çiftçilere yardımcı olmak hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada yöreyi temsil edecek şekilde Kırıkhan-Kumlu bölgesi toprakları alanlarından 30 noktadan, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerinden toplamda 60 toprak örneği usulüne uygun olarak alınmıştır (Tablo 1). Aynı gün laboratuvara getirilen toprak örnekleri gölgede hava kurusu olacak biçimde kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 1. Alınan toprak örneklerinin haritası üzerindeki gösterimi

2.2. Yöntem

Toprakların pH değerleri saturasyon çamuru ekstraktında pH metre ile toplam çözünebilir tuz içerikleri ise elektriksel iletkenlik aletinde ölçülerek belirlenmiştir

(Horneck ve ark., 1989). Toprakların kireç ($CaCO_3$) içerikleri Scheibler kalsimetresi aleti ile dört tekrarlamalı olarak ölçülmüştür (Nelson, 1982). Bünye hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyoucos, 1952).

Toprakların organik madde içerikleri, Nelson ve Sommers (1982) tarafından bildirildiği şekilde modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemiyle belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi, sodyum asetat (1N pH: 8.2) ekstraksiyon yöntemi ile (Rhoades, 1982). Toprakların yayayışlı kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), nikel (Ni), bakır (Cu), demir (Fe) ve

Molibden (Mo) Lindsay ve Norvell (1978)'e göre 0.005 M DTPA+0.01 M CaCl₂+0.1 M TEA (pH 7.3) ekstraktında belirlenmiştir. Toprak özellikleri ile besin elementleri arasındaki korelasyon ve regresyon analizleri SPSS 17 istatistik programında yapılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

Tablo 1. Toprak örneklerinin alındığı yerler

Toprak No	Örnek Yeri	GPS ile N/E Koordinatları	Toprak No	Örnek Yeri	GPS ile N/E Koordinatları
1	Reşatlı	(54.2910 - 40.3829)	16	Özkızılkaya-1	(54.4676 - 40.3183)
2	İçada-1	(54.2162 - 40.3762)	17	Özkızılkaya-2	(54.3927 - 40.3116)
3	İçada-2	(54.1415 - 40.3696)	18	Kumlu-1	(54.3178 - 40.3049)
4	Karadurmuşlu-1	(54.0667 - 40.3629)	19	Kumlu-2	(54.9522 - 40.2931)
5	Karadurmuşlu-2	(53.9920 - 40.3563)	20	Kumlu-3	(54.8536 - 40.2898)
6	Torun	(53.9172 - 40.3496)	21	Akkerpiç-1	(54.7549 - 40.2866)
7	Baldıran-1	(54.5006 - 40.3614)	22	Akkerpiç-2	(54.6562 - 40.2833)
8	Baldıran-2	(54.4258 - 40.3547)	23	Akkuyu	(54.5575 - 40.2800)
9	Muratpaşa-1	(54.3511 - 40.3481)	24	Kumlu-4	(54.4588 - 40.2767)
10	Muratpaşa-2	(54.2763 - 40.3414)	25	Kumlu-5	(54.9716 - 40.2481)
11	Güventaş-1	(54.2016 - 40.3348)	26	Kumlu-6	(54.8717 - 40.2477)
12	Güventaş-2	(54.1268 - 40.3281)	27	Kumlu-7	(54.7718 - 40.2473)
13	Kangallar-1	(54.6923 - 40.3383)	28	Muharrem	(54.6719 - 40.2468)
14	Kangallar-1	(54.6174 - 40.3316)	29	Kırcaoğlu-1	(54.5720 - 40.2464)
15	Kangallar-1	(54.5425 - 40.3250)	30	Kırcaoğlu-2	(54.4721 - 40.2460)

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Araştırmada kullanılan toprak özelliklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bulgular verilmiştir. Araştırma topraklarının pH içeriği 7.95 ile 8.43 arasında değişerek ortalama olarak 8.13 olup toprak örneklerinin pH'larının tamamının hafif alkalın özellikte olduğu görülmüştür. Benzer bir bölgede yapılan çalışmada Yalçın (2020b) toprakların pH içeriklerinin tamamının hafif alkalın özellikte olduğunu belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuştur. Toprakların tuz içeriği % 0.009-0.115 arasında farklılık gösterirken ortalama olarak % 0.046 olup çalışma alanı topraklarının tüm profil boyunca hepsinin tuzsuz sınıfa ait oldukları bulunmuştur. Çalışma alanı tarım topraklarının sırasıyla kil, kum ve silt miktarları ortalama olarak % 43.31, % 21.61 ve % 15.28 bulunmuştur. Araştırma

topraklarının kireç içerikleri % 0.47-526.59 arasında değişirken ortalama % 13.86 kireç içeriği olup % 75'in üzerinde genellikle orta kireçli ile çok fazla kireçli topraklar olarak belirlenmiştir. Benzer bölgede yapılan bir çalışmada Gökçeoğlu ve Çimrin (2022) çalışma alanı topraklarının kireç içeriği yönünden fazla ve çok fazla kireçli sınıfta olduğunu belirliyerek benzer sonuçlar göstermişlerdir. Topraklarının organik madde içeriği % 1.16-6.08 olarak belirlenirken ortalama organik madde % 2.60 olup toprakların % 78'in üzerinde az ve orta oranda organik madde içerdikleri belirlenmiştir. Aynı bölgede yapılan bir çalışmada, Özsayar ve Çimrin (2022) çalışma alanı topraklarının organik madde içeriklerini % 90'a yakınında az ve orta düzeyde belirleyerek benzer sonuçlar bildirmişlerdir. Topraklarda katyon değişim kapasitesi (KDK) incelendiğinde; toprak örneklerinin 22.26-72.83 me 100 g⁻¹ olarak bulunmuş olup ortalama KDK içeriği ise

48.50 me 100 g⁻¹ olarak bulunmuştur (Yalçın, 2023b).

3.2. Toprak örneklerinin bazı besin elementi içerikleri

Araştırmada kullanılan toprak özelliklerinin bazı besin elementi özelliklerine ait bulgular Tablo 2'de verilmiştir.

Kadmiyum

Araştırma topraklarının kadmiyum içerikleri örneklerde en düşük 0.01 µg kg⁻¹ iken, en yüksek kadmiyum içeriği 0.06 µg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalama kadmiyum içeriği 0.02 µg kg⁻¹ iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 0.02 µg kg⁻¹ olup iki derinlikte ortalama olarak 0.02 µg kg⁻¹ bulunmuştur (Tablo 2). Farklı bir bölgede yapılan çalışmada, Akyıldız ve Karataş (2018) Adana şehir merkezindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılmasını amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda çalışma alanlarının toprak içeriklerinin Cd içeriği birçok örnekte sınır değerler altında belirlenerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Ghazaryan ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, Toprakta Agarak (RA) bakır-molibden maden kompleksi çevresindeki ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesini amaçladıkları çalışmada toprakların Cd yönünden düşük seviyelerde belirleyerek benzer sonuçlar bildirmişlerdir.

Kobalt

Kırıkhan-Kumlu topraklarının alınabilir Cobalt içerikleri en düşük 0.02 µg kg⁻¹ iken, en yüksek 0.22 µg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki

ortalama cobalt içeriği 0.08 µg kg⁻¹ iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ortalama ise 0.07 µg kg⁻¹ olup ortalama olarak 0.08 µg kg⁻¹ bulunmuştur (Tablo 2). Breus ve Yevtushenko (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, Ukrayna'nın bozkır topraklarındaki eser elementlerin ve ağır metal içeriğinin modellenmesini amaçladıkları çalışmada, toprakların Co içeriği yönünden sınır değerler altında belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır.

Krom

Toprakların krom içeriği örneklerde en düşük 0,03 µg kg⁻¹ iken, en yüksek krom içeriği 0.77 µg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalama krom içeriği 0.12 µg kg⁻¹ iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 0,07 µg kg⁻¹ olup iki derinlikte ortalama olarak 0.10 µg kg⁻¹ bulunmuştur (Tablo 2). Farklı bir bölgede yapılan çalışmada, Taş ve Demir (2022) Bingöl ovası tarım topraklarının verimlilik düzeyi ile bazı ağır metal içeriklerinin belirlenmesi ve haritalanmasını amaçladıkları çalışma sonucunda toprakların Cr içeriği yönünde çok düşük seviyelerde olduğunu belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Şahin ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye'nin bazı bölgelerindeki tarım topraklarında krom seviyelerini incelemiştir. Bu çalışmada da, toprakların genel olarak düşük krom içeriğine sahip olduğu tespit edilmiş olup yakın sonuçlar ortaya konmuştur.

Tablo 2. Kırıkhan-Kumlu bölgesi topraklarının Cd, Co, Cr, Ni, Fe, Mo içerikleri

Toprak No	Derinlik	Cd $\mu\text{g/kg}$	Co $\mu\text{g/kg}$	Cr $\mu\text{g/kg}$	Ni mg/kg	Fe mg/kg	Mo $\mu\text{g/kg}$	Bünye Sınıfı
1	0-20	0.06	0.04	0.04	4.11	9.95	0.01	C
	20-40	0.06	0.05	0.17	4.64	13.09	0.01	C
2	0-20	0.04	0.21	0.08	6.16	8.59	0.01	CL
	20-40	0.04	0.19	0.04	6.38	9.11	0.01	CL
3	0-20	0.05	0.14	0.04	4.11	9.74	0.03	C
	20-40	0.05	0.14	0.05	4.13	10.30	0.02	C
4	0-20	0.01	0.22	0.77	2.67	9.82	0.01	SCL
	20-40	0.01	0.20	0.09	2.63	10.07	0.02	SL
5	0-20	0.05	0.05	0.19	6.56	6.91	0.02	C
	20-40	0.05	0.03	0.11	6.48	6.36	0.06	C
6	0-20	0.03	0.11	0.08	3.58	8.60	0.01	CL
	20-40	0.03	0.10	0.07	3.51	7.71	0.01	SCL
7	0-20	0.02	0.16	0.69	2.09	8.78	0.06	C
	20-40	0.02	0.15	0.05	1.91	8.73	0.02	SiCL
8	0-20	0.02	0.08	0.06	1.46	8.48	0.05	SiCL
	20-40	0.02	0.09	0.09	1.60	8.97	0.04	CL
9	0-20	0.02	0.05	0.23	3.77	9.12	0.03	C
	20-40	0.02	0.05	0.04	4.06	9.36	0.02	C
10	0-20	0.01	0.07	0.05	1.83	10.97	0.03	CL
	20-40	0.01	0.06	0.14	1.56	9.87	0.02	CL
11	0-20	0.01	0.11	0.05	1.62	11.23	0.04	C
	20-40	0.01	0.12	0.05	1.66	11.51	0.03	C
12	0-20	0.01	0.08	0.07	1.75	8.02	0.02	C
	20-40	0.01	0.07	0.07	1.57	7.81	0.02	C
13	0-20	0.02	0.11	0.08	1.67	6.83	0.02	C
	20-40	0.02	0.08	0.10	1.51	7.57	0.23	C
14	0-20	0.02	0.04	0.06	1.64	9.23	0.06	C
	20-40	0.02	0.06	0.06	2.28	12.62	0.15	C
15	0-20	0.01	0.05	0.09	2.48	7.08	0.13	C
	20-40	0.02	0.04	0.04	2.79	7.30	0.07	C
16	0-20	0.02	0.02	0.04	0.84	5.24	0.01	C
	20-40	0.02	0.03	0.06	1.08	5.82	0.02	C
17	0-20	0.02	0.03	0.12	0.84	6.49	0.03	C
	20-40	0.02	0.03	0.12	0.85	7.20	0.03	C
18	0-20	0.02	0.05	0.11	0.88	6.07	0.02	SiCL
	20-40	0.02	0.05	0.11	0.89	7.44	0.03	SiCL
19	0-20	0.02	0.06	0.08	1.09	4.71	0.02	SiCL
	20-40	0.02	0.04	0.05	0.86	4.82	0.03	SiC
20	0-20	0.01	0.06	0.03	1.07	4.04	0.02	C
	20-40	0.01	0.05	0.06	1.05	4.21	0.02	CL

Nikel

Çalışma alanı tarım topraklarının bütününe değişebilir nikel içeriği en düşük 0.70 mg kg^{-1} iken, en yüksek 6.56 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalama değişebilir Nikel içeriği 2.23 mg kg^{-1} iken

20-40 cm derinliklerde ise 2.22 mg kg^{-1} olup, her iki derinlikte ortalama 2.06 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur (Tablo 2). Farklı bir bölgede yapılan çalışmada, Çığ ve ark., (2020) Van ili ve ilçelerinde buğday tarımı yapılan toprakların ağır metal içeriklerinin belirlenmesini amaçladıkları çalışma

sonucunda toprakların Ni içeriğinin 0.04-4.25 mg kg⁻¹ değerleri arasında olduğunu belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Aynı zamanda, Kırat ve Savcı (2023) Ulutaş köyü (Erzurum)

bölgesindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada toprakların Ni içeriği yönünden benzer sonuçlar belirlenmiştir.

Tablo 2. (Devam)

Toprak No	Derinlik	Cd µg/kg	Co µg/kg	Cr µg/kg	Ni mg/kg	Fe mg/kg	Mo µg/kg	Bünye Sınıfı
21	0-20	0.02	0.03	0.07	0.90	8.31	0.03	C
	20-40	0.02	0.02	0.07	0.86	8.00	0.03	C
22	0-20	0.02	0.12	0.03	1.41	9.27	0.02	C
	20-40	0.02	0.06	0.09	1.06	8.60	0.03	C
23	0-20	0.02	0.07	0.07	1.32	7.99	0.05	C
	20-40	0.02	0.05	0.06	1.00	7.56	0.06	C
24	0-20	0.02	0.14	0.06	1.91	5.38	0.02	CL
	20-40	0.02	0.14	0.04	1.91	4.87	0.02	CL
25	0-20	0.01	0.04	0.07	1.14	9.57	0.02	C
	20-40	0.02	0.05	0.06	1.17	11.24	0.02	C
26	0-20	0.02	0.06	0.04	0.89	9.15	0.03	C
	20-40	0.02	0.04	0.05	0.74	9.41	0.02	C
27	0-20	0.02	0.08	0.19	1.20	9.51	0.03	C
	20-40	0.01	0.04	0.03	0.87	9.30	0.03	C
28	0-20	0.01	0.11	0.04	0.88	6.28	0.03	CL
	20-40	0.01	0.09	0.05	0.85	4.98	0.03	CL
29	0-20	0.02	0.06	0.04	0.87	6.59	0.03	CL
	20-40	0.02	0.07	0.06	1.18	6.29	0.02	C
30	0-20	0.02	0.03	0.05	0.80	5.39	0.02	C
	20-40	0.02	0.03	0.04	0.70	5.56	0.02	C
Min		0.01	0.02	0.03	0.70	4.04	0.01	
Max		0.06	0.22	0.77	6.56	13.09	0.23	
Ort. (Av.)	0-20	0.02	0.08	0.12	2.23	7.91	0.03	
Ort. (Av.)	20-40	0.02	0.07	0.07	2.22	8.19	0.04	
	Ort. (Av.)	0.02	0.08	0.10	2.06	8.05	0.03	

Demir

Çalışma alanının topraklarının alınabilir demir içerikleri örneklerde en düşük 4.04 mg kg⁻¹ iken, en yüksek demir içeriği 13.09 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalaması demir içeriği 7.91 mg kg⁻¹ iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 8.19 mg kg⁻¹ olup her iki derinliğin ortalaması olarak 8.05 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Toprakların alınabilir demir içerikleri Viets ve Lindsay (1973)'in sınır değerlerine göre sınıflandırıldığında topraklarda demir noksanlığına rastlanmadığı görülmüş olup örneklerin % 3.33'ü yeterli (2.5-4.5 mg kg⁻¹) ve % 96.67'si ise alınabilir demir açısından fazla (>4.5 mg kg⁻¹) durumda olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Benzer bir çalışmada, Alkayın ve Yıldız (2023) Doğu Karadeniz yöresinde üretilen bazı çayların

mineral beslenme durumunu belirledikleri çalışma sonucunda toprakların Fe içeriğinin % 93 oranında yüksek ve yeterli düzeyde belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Aynı bölgede yapılan bir çalışmada Yalçın ve Çimrin (2021) Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkilerinin belirlendiği çalışmada toprakların Fe içeriği değerlerini 2.80-15.09 mg kg⁻¹ olarak belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır.

Molibden

Kırıkhan-Kumlu alanı topraklarının alınabilir molibden içeriği örneklerde en düşük 0.01 µg kg⁻¹ iken, en yüksek molibden 0.23 µg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalaması molibden içeriği

0.03 $\mu\text{g kg}^{-1}$ iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 0.04 $\mu\text{g kg}^{-1}$ olup her iki derinliğin ortalaması olarak 0.03 $\mu\text{g kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının hepsinin alınabilir molibden içerikleri Viets ve Lindsay (1973)'e göre yeterli düzeyde (>1 ppm) olduğu görülmüştür (Tablo 2). Aynı bölgede yapılan bir çalışmada, Yalçın ve Çimrin (2019) Kırıkhan-Reyhanlı çayır mera toprakların molibden içeriği yönünden yapılan çalışma ile benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Hamid ve ark. (2022) İran'ın güneybatısındaki kıyı topraklarında ağır metallerin (eser elementler) potansiyel ekolojik risk değerlendirmesinin amaçlandığı çalışmada toprakların Mo içeriği yönünden düşük değerler belirleyerek benzer sonuçlar bildirmişlerdir.

3.3. Alınabilir molibden içeriği ile diğer bazı toprak ağır metal özellikleri arasındaki ilişkiler

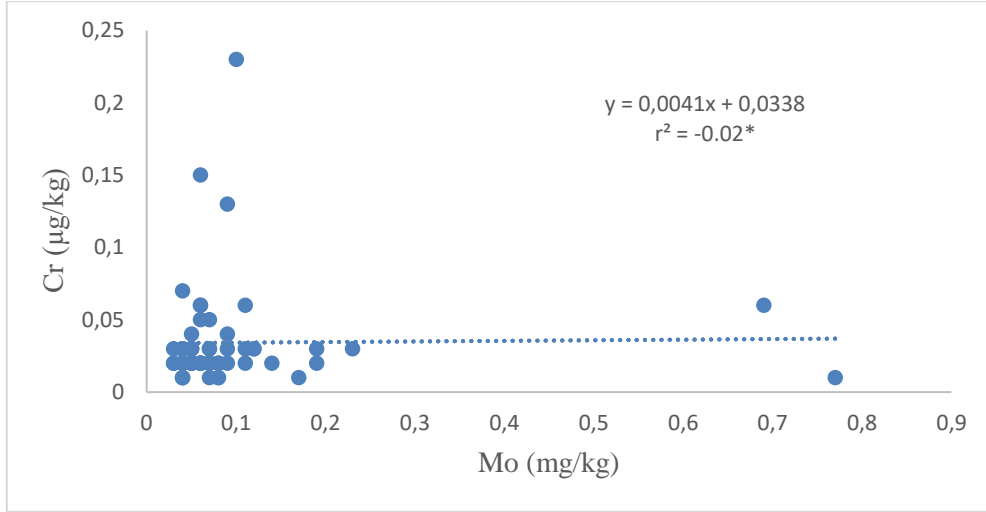
Araştırma konusu toprakların ağır metal içerikleri ile alınabilir molibden arasındaki ilişkiler Tablo 3'de verilmiştir. Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı gibi toprakların Mo ile Cr (r:-0.02*; Şekil 2) içerikleri arasında negatif önemli ilişki

belirlenmiştir. Yu ve ark., (2018) tarafından yapılan bir çalışma, Mo, Co, Ni ve Cr gibi elementlerin topraklardaki ilişkilerini incelemiştir. Bu çalışma sonucunda, Mo ile Cr arasında negatif korelasyon gösterdiği belirlenerek benzer sonuçlar ortaya konmuştur. Ayrıca toprakların Cd içeriği ile Ni (r: 0.74**) içerikleri arasında oldukça önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Arıkan ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışma, tarım topraklarında Cd ile Ni arasında pozitif ilişkiler olduğunu belirlenmiş olup benzer sonuçlar ortaya konmuştur. Toprakların Co içeriği ile Cr (r: 0.36**) ve Ni (r: 0.37**) içeriği arasında pozitif önemli ilişki belirlenmiştir. Karaca ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışma, tarım topraklarında Co ile Ni arasında pozitif ilişkiler belirlenmiş ve çalışma sonuçlarını yakın bulgular gösterilmiştir. Bununla birlikte Ni içeriği ile Fe (r: 0.28**) içeriği arasında önemli pozitif ilişkiye belirlenmiştir. Canlı ve ark., (2020) tarafından yapılan bir çalışma, tarım topraklarında Ni ile Fe arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirleyerek paralel sonuçlar ortaya konmuştur.

Tablo 3. Kırıkhan-Kumlu topraklarının molibden ile bazı toprak ağır metal içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları (r)

	Mo	Cd	Co	Cr	Ni
Cd $\mu\text{g/kg}$	-0.12				
Co $\mu\text{g/kg}$	-0.13	0.06			
Cr $\mu\text{g/kg}$	-0.02*	-0.03	0.36**		
Ni mg/kg	-0.07	0.74**	0.37**	0.13	
Fe mg/kg	0.08	0.20	0.23	0.15	0.28*

* 0.05 düzeyinde önemli, *** 0.001 düzeyinde önemli



Şekil 2. Toprak örneklerinin yarıyıllı Mo ile Cr içerikleri arasındaki ilişki

4. Sonuç ve Öneriler

Kırıkhan-Kumlu bölgesindeki toprakların molibden içeriği incelenmiş ve bazı ağır metal konsantrasyonlarıyla ilişkisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda elde edilen veriler, Türkiye ve dünya genelinde belirlenmiş olan toprakta izin verilen ağır metal sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, çalışma alanındaki topraklarda ağır metal birikiminin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu ağır metal kirliliğinin insan sağlığına olan potansiyel zararının minimum düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma bölgesindeki tarım topraklarında insan ve hayvan sağlığı açısından zararlı seviyelere ulaşmayan ağır metal içeriklerinin belirlenmiş sınır değerlerin üzerine çıkmaması için gerekli önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Özellikle, çalışma alanına yakın konumlanmış sanayi ve endüstri bölgelerindeki işletmelerin ve fabrikaların sıkı denetimlerden geçirilmesi gereklidir.

Kaynaklar

Akyıldız, M., Karataş, B., 2018. Adana şehir merkezindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2): 199-214.

Alkayın, M., Yıldız, N., 2023. Doğu karadeniz yöresinde üretilen bazı çayların mineral beslenme durumunun değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 50: 162-170.

Arıkan, B., Çakmakçı, G., Akıncı, İ.E., Güler, C., 2019. Gaziantep ili tarım topraklarında ağır metal kirliliği ve bitki-gübre toprak ilişkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3): 365-374.

Barceloux, D.G., 1999. Molybdenum. *Journal Toxicol Clin Toxicol*, 37(2): 231-237.

Bouyoucos, G.J., 1952. A Recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43(9): 434-438.

Breus, D., Yevtushenko, O., 2022. Modeling of trace elements and heavy metals content in the steppe soils of ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 23(2): 159-165.

Canlı, S., Şener, E., Özbek, M., 2020. Determination of heavy metal content in some soils used for agricultural purposes in Trabzon province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(5): 1087-1091.

Çığ, F., Sönmez, F., Erman, M., 2020. Van merkez ve ilçelerinde buğday ve yetiştiriciliği yapılan alanların ağır metal içeriklerinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi* 4(1): 113-124.

- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Araştırma deneme metotları (istatistik metotları-II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1021. Ankara, 381s.
- Ghazaryan, K.A., Movsesyan, H.S., Ghazaryan, N.P., Shalunts, S.V., 2016. Assessment of heavy metal contamination of soils around agarak (ra) copper-molybdenum mine complex. *Chemistry and Biology*, 1: 34-42.
- Gökçeoğlu, K., Çimrin, K.M., 2022. Hatay Altınözü ilçesi zeytin (*Olea europaea* L.) ağaçlarının yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme durumunun belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4): 680-697.
- Hamid, E., Payandeh, K., Nezhad, M.T.K., Saadati, N., 2022. İran'ın güneybatısındaki kıyı topraklarında ağır metallerin (eser elementler) potansiyel ekolojik risk değerlendirmesi. *Frontiers Public Health*, 10: 1-18.
- Horneck, D.A., Hart, J.M., Topper, K., Koepsell, B., 1989. Methods of soil analysis used in the soil testing laboratory at Oregon State University. P 1-21. Agr. Exp. Sta. Oregon, USA.
- Karaca, A., Başkaya, H. S., Ay, Y., Güngör, A., Arslan, M., 2020. An investigation of the relationship between heavy metal contents of soils and crops in Mardin Province, Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 26(2): 251-260.
- Kırat, G., Savcı, S., 2023. Ulutaş köyü (Erzurum) bölgesindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(2): 223-233.
- Küçük, C., Karaoğlu M., 2021. Iğdır ili 080 devlet karayolu boyunca tarım topraklarında ağır metal kirliliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25: 325-333.
- Lindsay, W.L., Norwel, W.A., 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.
- İpek, H., 2003. Molibden. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 14 (1):73- 76.
- McDowell, L.R., 1992. Copper and molybdenum minerals in animal and human nutrition. 176- 204.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and gypsum. methods of soil analysis part 2. chemical and microbiological properties second edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition P: 191- 197.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Organic matter methods of soil analysis part 2. chemical and microbiological properties second edition. Agronomy, No: 9 Part 2. Edition P: 574- 579.
- Özay C., Mammadov R., 2013, Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği. BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi, Cilt 15(1) 67-76.
- Özsayar, M.M., Çimrin, K.M., 2022. Hatay ili Hassa ilçesi zeytin ağaçlarının yaprak ve toprak örnekleri ile beslenme durumunun belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi* 6(1): 42-57.
- Rhoades, J.D., 1982. Cation exchange capacity methods of soil analysis part 2. chemical and microbiological properties second edition. Agronomy, No: 9 Part 2. Edition P: 149- 157.
- Seven, T., Can, B., Darende, B.N., Ocak, S., 2018. Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2): 91-103.
- Şahin, Ü., Aydın, M., Yılmaz, V., 2013. Türkiye'nin bazı tarım topraklarında krom seviyeleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(1): 33-40.
- Tacıroğlu B., Kara E., Sak T., 2016. Toprakta ağır metal gideriminde solucanların kullanımı. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 19(2): 201-207.
- Taş, R., Demir, Y., 2022. Bingöl ovası tarım topraklarının verimlilik düzeyi ile bazı ağır metal içeriklerinin belirlenmesi ve haritalanması. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi* 18(2): 296-315.

- Yu, X., Sun, B., Zhou, J., Wang, Y., 2018. Distribution and relationship of molybdenum, cobalt, nickel and chromium in typical Chinese soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8): 7970-7979.
- Viets, F.G., Lindsay, W.L., 1973. Testing soils for zinc. Copper. Manganese and iron. Soil Soc. Of Amer. Inc. Madison Wisconsin USA. 153-172.
- Yalçın, M., 2020a. Spatial distribution of heavy metals in common soil groups of Siverek district in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29: 7284-7293.
- Yalçın, M., 2020b. Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı tarım topraklarının pH, kireç, organik madde ve KDK içeriklerinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(3): 623-634.
- Yalçın, M., Çimrin, K.M., 2021. Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(4): 773-785.
- Yalçın, M., 2023a. Kırıkhan–Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının molibden içeriği ve topraktaki bazı ağır metaller ile ilişkilerinin belirlenmesi. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(2):63-72.
- Yalçın, M., 2023b. Determination of useful boron content of the soils of Kırıkhan-Kumlu region of Hatay province and their relationship with some soil properties. *Eurasian Journal of Forest Science*, 11(2): 54-65.
- Yurdakul, İ., Kalınbacak, K., Altınkaynak, D., Peker, R.M., 2023. Molibden ve arseniğin tarla koşullarında buğday bitkisinin verimine ve toksikliğine etkilerinin belirlenmesi. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1): 25-34.

Atıf Şekli: Yalçın, M., 2024. Kırıkhan–Kumlu Bölgesi Topraklarının Molibden İçeriği ve Topraktaki Bazı Ağır Metaller ile İlişkilerinin Belirlenmesi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 230–240.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11616673>.

To Cite: Yalçın, M., 2024. Determination of Molybdenum Content of Soils of Kırıkhan-Kumlu Region and Relationships with Some Heavy Metals in Soil. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 230–240.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11616673>.
