

## Kırıkhan–Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının molibden içeriği ve topraktaki bazı ağır metaller ile ilişkilerinin belirlenmesi

Mehmet Yalçın\*

\*Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Hatay, Türkiye

\*Corresponding author : [myalcin@mku.edu.tr](mailto:myalcin@mku.edu.tr)  
Orcid No: <https://orcid.org/0000-0002-1690-7681>

Received : 27/06/2023  
Accepted : 08/08/2023

**Özet:** Bu çalışmada Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının molibden içeriğinin belirlenmesi ve toprak içerisindeki bazı ağır metaller ile ilişkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Bu amaç için Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım 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; Kadmiyum (Cd), Kobalt (Co), Krom (Cr), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Demir (Fe) ve Molibden (Mo) içerikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; toprakların Cd içerikleri 0.009-0.041 µg/kg; Co içeriği 0.011-0.317 µg/kg; Cr 0.008-0.187 µg/kg, Ni içerikleri 0.787-6.211 ppm; Cu içerikleri 1.11-3.77 ppm; Fe içerikleri 2.80-15.09 ve Mo içerikleri 0.006-0.101 µg/kg arasında bulunmuştur. Toprakların Mo ile Co ve Ni içerikleri arasında pozitif önemli ilişkiler belirlenirken Cr içeriği ile negatif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Aynı zamanda Cd ile Co ve Ni; Co ile Ni ve Cu 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-Reyhanlı, ağır metaller

### *Determination of molybdenum content of agricultural soils of Kırıkhan-Reyhanlı region and their relationship with some heavy metals in soil*

**Abstract:** In this study, it was aimed to determine the molybdenum content of agricultural soils in the Kırıkhan-Reyhanlı region of Hatay province and to determine its relations 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, representing the agricultural lands of Kırıkhan-Reyhanlı region. 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, representing the agricultural lands of Kırıkhan-Reyhanlı region. In the soil samples taken; Cadmium (Cd), Cobalt (Co), Chromium (Cr), Nickel (Ni), Copper (Cu), Iron (Fe) and Molybdenum (Mo) contents were determined. According to the research results; Cd contents of soils are 0.009-0.041 µg/kg; Co content 0.011-0.317 µg/kg; Cr 0.008-0.187 µg/kg, Ni contents 0.787-6.211 ppm; Cu contents are 1.11-3.77 ppm; Fe contents were found between 2.80-15.09 and Mo contents between 0.006-0.101 µg/kg. While positive significant relationships were determined between Mo and Co and Ni contents of soils, negative significant relationships were determined with Cr content. Co and Ni with Cd as well; Positive and significant relationships were determined between Co and Ni and Cu 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-Reyhanlı, heavy metals

## 1.Giriş

Toprak, tarımsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için bitkilerin gereksinim duydukları makro ve mikro besin elementlerinin depolandığı, organizmaların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebildiği, canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için zararlı toksisitelerin olumsuz etkilerini en aza indiren ve doğaya zararlı kirleticileri süzerek dönüşümlerini tamamlayan dinamik bir varlıktır (Acir ve Günel 2020).

Molibden (Mo) doğada nispeten düşük toksisiteye sahip önemli bir elementtir (İpek 2003). Molibden; atomik ağırlığı 95.94, koyu gri siyah renkte yanıcı özellikte olup periyodik cetvelin VI-B serisinde çözünebilir ve çözünemeyen bileşikler şeklinde yer almaktadır (Barceloux 1999). Toprak bünyesinde yetiştirilen bitkilerdeki Mo içeriği; geniş oranda toprağın Mo içeriği ve pH'sı ile

mevsimsel farklılıklara göre değişiklik göstermektedir (McDowell 1992).

Günümüzde artan sanayileşme ve kentleşme ile beraber çeşitli çevre kirlilikleri artmış ve birçok çevresel problem ortaya çıkmıştır. Bu problemlerin başında gelen ağır metaller, hava, toprak ve su kaynaklarında kirliliklere neden olmaktadır. Bitki fizyolojisini olumsuz etkileyerek, bitkisel üretimin azalmasına neden olan ağır metaller, besin zinciri yoluyla canlı sağlığını da tehdit altına alırlar (Yerli ve ark. 2020). Ağır metaller, çevredeki konsantrasyonlarının artması ile bir yandan canlı organizmalar için gerekli olan ve diğer yandan yaşamlarında olumsuz bir faktör oluşturan önemli bir çevresel faktördür. Sanayi kuruluşlarının faaliyetleri, araba egzozları ve uygarlığın diğer özellikleri, topraktaki ağır metal içeriğini artırmakta ve sonuç olarak kalitelerini olumsuz yönde etkilemektedir (Breus ve Yevtushenko 2022). Ağır metaller toprak ana materyalinde oluşurken insan aktiviteleri sonucu topraklara katılım ile birlikte miktarları devamlı olarak artmaktadır. Bu katılımlar kimyasal gübreler, endüstriyel atıklar, maden kalıntıları ve otomobil emisyon gazları ile olabilmektedir. Başlıca zararlı ağır metaller; Krom (Cr), Kadmiyum (Cd), Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Mangan (Mn), Molibden (Mo), Nikel (Ni) ve Çinko (Zn)'dur (Akyıldız ve Karataş 2018).

Hızlı kentleşme ve nüfus artışı ile birlikte sanayileşmenin yarattığı çevre sorunları tarımsal alanları tehdit eder boyutlara ulaşmakta, bu sorunlar başta bilinçsiz gübre ve ilaç kullanımı gibi tarımın kendi iç dinamikleri ile oluşan sorunlara ilave olarak ve her geçen büyüyen karşımıza çıkmaktadır (Şimşek ve ark. 2021). Tarım alanlarında kirliliğe neden olan ve gittikçe daha büyük boyutlarda tehlike oluşturan etmenlerin başında potansiyel ağır metal elementler gelmektedir (Şimşek ve ark. 2021). Önemli bir kirletici grubu oluşturdukları bilinen bu elementler, bitkisel üretimde verimliliği olumsuz etkilemesi yanında, besin zincirine de girerek insan ve hayvan sağlığını da tehdit etmektedir (Şimşek ve ark. 2021). Bakır, çinko, mangan, demir ve molibden gibi ağır metaller bitkiler için gerekli besin maddeleri olmalarının yanında doğal olarak topraklarda bulunurlar. Aynı zamanda çeşitli yollarla (asit yağışlar, gübreler, çöpler vb.) toprağa önemli miktarda ağır metallerin girişi mümkün olmaktadır. Bu şekilde toprak içerisine intikal eden civa, kadmiyum ve nikel gibi ağır metaller toprağın kolloid kompleksi tarafından toprakta ve humusta tutulurlar. Bundan dolayı toprak organizmaları üzerindeki toksik etkileri nedeniyle ölümlerine yol açarlar. Dolayısıyla ölü örtü ayrışması engellenmiş olur ve toprak strüktürü bozulmaya uğramış olur (Tolunay 1992).

Tarım topraklarının en önemli kirleticilerinden olan ağır metaller ile ilişkili ülkemizde birçok çalışma yapılmıştır. Aynı bölgede yapılan çalışmada, Yalçın ve Çimrin (2019) Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı arası çayır-mera topraklarının molibden içeriğinin belirlenmesi ve toprak içerisindeki bazı ağır metaller ile ilişkilerinin saptanması amaçlamışlardır. Çalışma sonucuna göre; toprakların kadmiyum içerikleri 0.01-0.32 ppm; kobalt içeriği 0.01-4.97 ppm; nikel içerikleri 0.00-20.00 ppm; kurşun içerikleri 3.00-67.00 ppm; bakır içerikleri 0.26-7.48 ppm; demir içerikleri 4.00-

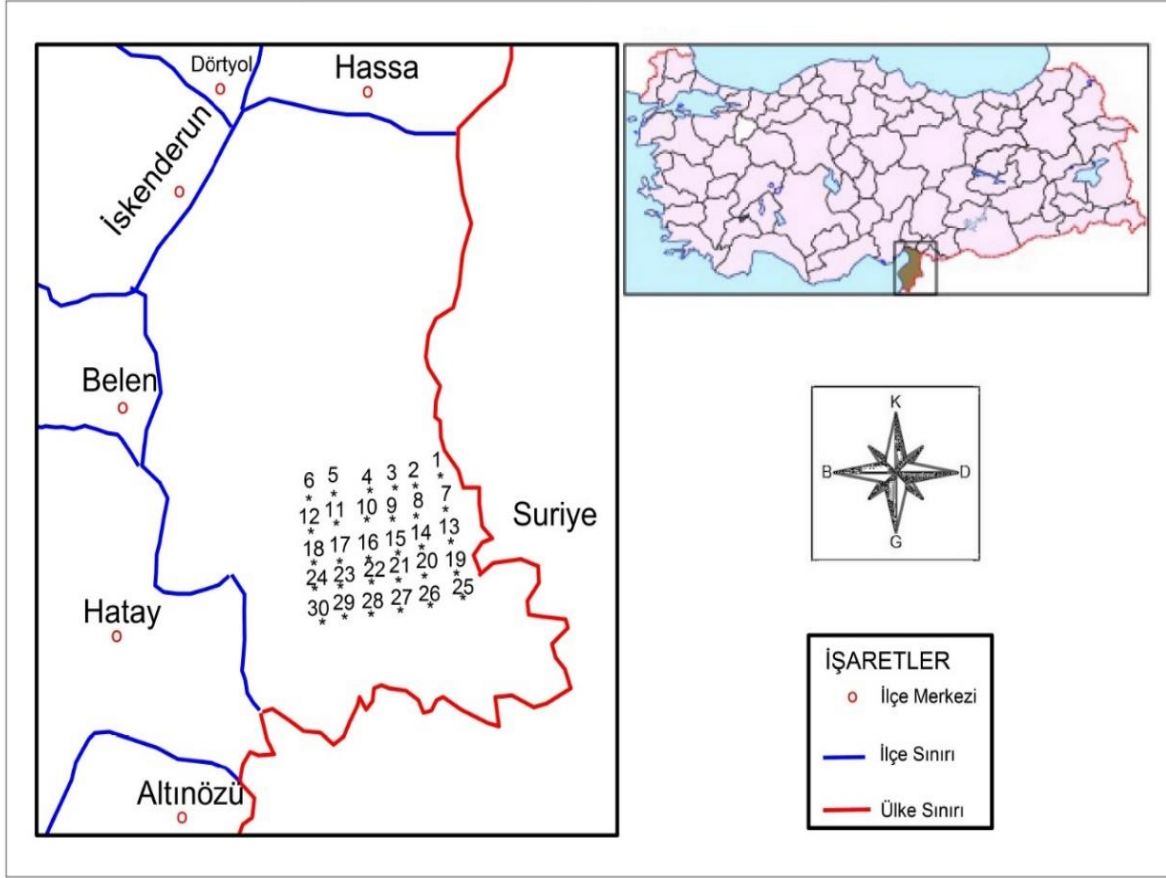
61.00 ve molibden içerikleri 0.001-0.064 ppm arasında bulunmuştur. Toprakların Mo ile Co, Ni, Pb, Cu ve Fe içerikleri arasında pozitif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Aynı zamanda Cd ile Co; Co ile Ni, Pb, Fe; Pb ile Cu, Fe ve Cu ile Fe aralarında pozitif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Bölge topraklarının ağır metal içerikleri sınır değerler ile karşılaştırıldığında herhangi bir ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır. Yakın bir bölgede, Şimşek ve ark. (2021) Osmaniye ilinin tarım topraklarındaki ağır metallerin kirlilik düzeylerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucuna göre; toplam Mn içeriğinin (% 42), toplam Fe (% 100), toplam Ni (% 58), toplam Cd (% 48) ve toplam Cr (% 28.4) konsantrasyonunun Türkiye'de Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğine göre pH'sı 6'nın üzerinde olan topraklarda kabul edilen toplam sınır değerlerin üzerinde olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; bu metallerin yapılacak araştırmalarda bitkilere, hayvanlara ve insanlara gıda zinciriyle geçişinin dikkatlice izlenmesi ve gıda güvenliği açısından önemli olup olmadığının uygun ekstraktörlerle analiz edilip söz konusu ekstraktörün, korelasyon kalibrasyon çalışmaları ile seçilmesi sonucu elde edilen verilerin, limit değerlerle karşılaştırılıp toksik olup olmayacağını farklı bir araştırma ile netleştirilmesi gerektiğini ortaya koymuşlardır. Başka bir çalışmada, Küçük ve Karaoğlu (2021) Iğdır ili 080 devlet karayolu boyunca tarım topraklarında ağır metal kirliliğinin durumunu araştırmışlardır. Çalışma sonucuna göre; otoyola daha yakın mesafe, daha yüksek element konsantrasyonları ölçülmüştür. Uzaklıktan en çok etkilenen elementler demir ve çinko olmuştur ( $p > 0.01$ ) ve bunları nikel ( $p < 0.05$ ), mangan ve bakır ( $p = 0.05$ 'e yakın) izlemiştir. Otoyoldan 0 ila 10 m uzaklıktaki bölge en kirli bölge olmuştur. Kirlilik indeksleri (PI), toplam konsantrasyonlar için  $Ni > Cu > Zn > Fe > Mn$  ve alınabilir değerler için  $Cu > Zn > Mn > Fe > Ni$  şeklinde sıralanmıştır. Kirlilik yük endeksleri (PLI) genel olarak nikel (Ni) değerleri dışında toplam mikro besinlerin kirlilik endekslerinden (PI) daha yüksek ve genellikle alınabilir değerlerin kirlilik endekslerinden (PI) daha düşük hesaplanmıştır. Ni ve Cu'nun nispeten daha kısa sürede çevre açısından riskli seviyelere ulaşma ihtimalinin yüksek olduğu sonucuna varılabilir.

Çalışmada Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının molibden düzeyi ve bunların toprak içerisindeki bazı ağır metaller ile ilişkileri belirlenerek, tarım topraklarının dolayısı ile buradan çiftçilik ile geçinen çiftçilerin elde ettikleri verim ve kaliteye katkı sağlamak amaçlanmıştır.

## 2. Materyal Ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmada yöreyi temsil edecek şekilde Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesindeki tarım toprakları alanlarından 30 noktadan, 0-20 ve 20-40 cm derinliklerinden toplamda 60 toprak örneği usulüne uygun olarak alınmıştır (Tablo 1., Şekil 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 Kırıkhan-Reyhanlı İlçe 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 ( $\text{CaCO}_3$ ) 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 yarayıklı 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  $\text{CaCl}_2$ +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).

## 3. Araştırma Bulguları 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 7.57 ile 8.36 arasında değişerek ortalama olarak 7.96 olup toprak örneklerinin pH'larının tamamının hafif alkalin reaksiyonlu olduğu görülmüştür. Toprakların tuz içeriği % 0.020-0.083 arasında farklılık gösterirken ortalama olarak % 0.041 olup çalışma alanı topraklarının hemen hemen hepsinin tuzsuz sınıfa ait oldukları bulunmuştur. Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının sırasıyla kil, kum ve silt miktarları ortalama olarak % 49.10, 15.58 ve 35.41 bulunmuştur. Araştırma topraklarının kireç içerikleri % 5.66-51.14 arasında değişirken ortalama % 22.21 olarak genellikle orta kireçli ile çok fazla kireçli topraklar olarak belirlenmiştir. Topraklarının organik madde içeriği % 1.42-4.10 olarak belirlenirken ortalama organik madde % 2.63 bulunmuştur. Topraklarda katyon değişim kapasitesi (KDK) incelendiğinde; toprak örneklerinin 16.89-42.10 me /100 g olarak bulunmuş olup ortalama KDK içeriği ise 31.53 me/100 g olarak bulunmuştur (Yalçın 2023).

**Tablo 1.** Toprak örneklerinin alındığı yerler

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

### 3.2. Toprak Örneklerinin Bazı Besin Elementi İçerikleri

Araştırmada kullanılan toprak özelliklerinin bazı besin elementi özelliklerine ait bulgular Çizelge 3’de verilmiştir.

#### Kadmiyum

Araştırma topraklarının kadmiyum içerikleri örneklerde en düşük 0.009 µg/kg iken, en yüksek kadmiyum içeriği 0.041 µg/kg olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalama kadmiyum içeriği 0.019 µg/kg iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 0.018 µg/kg olup iki derinlikte ortalama olarak 0.019 µg/kg bulunmuştur (Tablo 2.). Farklı bir bölgede yapılan çalışmada, Özkan ve demir (2023) Rize ilinde geleneksel ve organik çay tarımı yapılan alanların topraklarında bazı verimlilik parametreleri ile ağır metal içeriklerinin karşılaştırıldığı çalışma sonucunda toprakların Cd içeriği yönünde çok düşük seviyelerde olduğunu belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Aynı zamanda, Karaaslan ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışma, Türkiye'nin farklı bölgelerindeki tarım topraklarında kadmiyum seviyelerini incelemiştir. Bu çalışmada da, toprakların genel olarak düşük kadmiyum içeriğine sahip olduğu bulunmuştur.

#### Kobalt

Kırıkhan-Reyhanlı alanı tarım topraklarının alınabilir kobalt içerikleri en düşük 0.011 µg/kg iken, en yüksek 0.317 µg/kg olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki ortalama kobalt içeriği 0.077 µg/kg iken 20-

40 cm derinlikteki örneklerde ortalama ise 0.068 µg/kg olup ortalama olarak 0.076 µg/kg bulunmuştur (Tablo 2.). Türkiye’de yer alan tarım topraklarındaki kobalt içeriği üzerine Şahin ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye'nin bazı bölgelerindeki tarım topraklarında kobalt seviyeleri incelenmiştir. Bu çalışmada da, tarım topraklarının genel olarak düşük kobalt içeriğine sahip olduğu belirlenmiş olup benzer sonuçlar ortaya konmuştur.

#### Krom

Toprakların krom içeriği örneklerde en düşük 0,008 µg/kg iken, en yüksek krom içeriği 0.187 µg/kg olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalama krom içeriği 0.034 µg/kg iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 0,039 µg/kg olup iki derinlikte ortalama olarak 0.038 µg/kg bulunmuştur (Tablo 2.). Farklı bir bölgede yapılan çalışmada, Özkan ve Demir (2023) Rize ilinde geleneksel ve organik çay tarımı yapılan alanların topraklarında bazı verimlilik parametreleri ile ağır metal içeriklerinin karşılaştırıldığı 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.** Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının Cd, Co, Cr, Ni, Cu, Fe, Mo içerikleri

Toprak No	Derinlik	Cd µg/kg	Co µg/kg	Cr µg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mo µg/kg	Bünye Sınıfı
1	0-20	0.010	0.056	0.029	1.64	3.26	8.55	0.020	C
	20-40	0.010	0.048	0.123	1.80	3.70	9.09	0.025	C
2	0-20	0.009	0.054	0.013	1.09	2.79	8.79	0.019	C
	20-40	0.011	0.040	0.027	0.96	2.52	7.65	0.012	C
3	0-20	0.020	0.134	0.035	2.05	2.51	6.50	0.036	C
	20-40	0.020	0.077	0.032	1.93	2.36	6.29	0.027	C
4	0-20	0.027	0.033	0.048	2.11	2.68	7.24	0.030	C
	20-40	0.028	0.023	0.014	2.13	2.33	7.34	0.024	C
5	0-20	0.041	0.259	0.027	5.45	2.25	5.26	0.038	C
	20-40	0.028	0.251	0.039	6.21	2.29	5.97	0.039	C
6	0-20	0.014	0.029	0.020	2.59	2.09	5.00	0.014	C
	20-40	0.015	0.030	0.038	2.92	2.40	5.81	0.022	C
7	0-20	0.018	0.152	0.024	2.19	2.91	6.87	0.018	SiC
	20-40	0.017	0.057	0.034	1.66	2.54	6.33	0.017	C
8	0-20	0.014	0.048	0.042	1.81	2.79	7.64	0.022	C
	20-40	0.012	0.033	0.013	1.70	2.66	7.36	0.011	C
9	0-20	0.019	0.039	0.037	1.84	2.77	3.67	0.043	C
	20-40	0.016	0.026	0.017	2.05	2.89	4.06	0.042	C
10	0-20	0.011	0.167	0.012	1.66	2.95	9.97	0.022	C
	20-40	0.011	0.067	0.047	1.47	2.68	11.58	0.026	C
11	0-20	0.021	0.137	0.030	1.93	3.05	6.94	0.023	C
	20-40	0.024	0.317	0.076	2.16	3.28	6.92	0.031	C
12	0-20	0.015	0.055	0.038	1.27	2.60	6.32	0.023	SiC
	20-40	0.013	0.026	0.052	0.93	2.51	7.35	0.016	SiC
13	0-20	0.012	0.035	0.026	0.89	2.93	6.66	0.024	SiC
	20-40	0.010	0.040	0.015	1.08	2.85	7.11	0.012	SiC
14	0-20	0.019	0.239	0.015	2.08	3.75	6.37	0.027	SiC
	20-40	0.020	0.132	0.023	1.98	3.74	8.16	0.029	SiC
15	0-20	0.016	0.064	0.034	1.66	2.17	3.06	0.054	C
	20-40	0.014	0.042	0.027	1.15	1.95	2.80	0.055	C
16	0-20	0.016	0.028	0.026	1.22	2.86	7.46	0.015	C
	20-40	0.016	0.016	0.039	1.13	3.42	8.84	0.016	SiC
17	0-20	0.011	0.016	0.024	0.90	3.13	6.92	0.013	C
	20-40	0.011	0.013	0.130	0.86	3.12	7.07	0.014	C
18	0-20	0.019	0.030	0.120	1.25	3.58	8.26	0.019	C
	20-40	0.018	0.011	0.041	0.92	3.28	7.75	0.006	SiC

19	0-20	0.020	0.060	0.022	1.29	1.48	5.08	0.017	CL
	20-40	0.019	0.035	0.023	1.27	1.48	4.95	0.018	CL
20	0-20	0.026	0.043	0.026	1.64	1.78	9.67	0.014	CL
	20-40	0.027	0.046	0.020	1.71	1.86	11.64	0.016	CL
21	0-20	0.019	0.239	0.015	1.20	1.11	3.63	0.011	CL
	20-40	0.019	0.233	0.064	1.07	1.16	3.84	0.009	CL
22	0-20	0.019	0.024	0.012	1.35	1.96	11.03	0.019	SiC
	20-40	0.019	0.032	0.025	1.44	1.98	10.22	0.022	SiC
23	0-20	0.021	0.062	0.023	1.51	2.87	7.99	0.101	C
	20-40	0.021	0.055	0.029	1.50	2.79	8.55	0.100	SiC
24	0-20	0.021	0.020	0.028	1.59	3.35	13.97	0.024	C
	20-40	0.022	0.021	0.022	1.64	3.24	14.30	0.024	C
25	0-20	0.022	0.048	0.032	1.01	3.59	7.84	0.008	C
	20-40	0.021	0.032	0.031	1.03	3.51	8.10	0.019	C
26	0-20	0.022	0.032	0.013	0.79	3.38	6.64	0.009	C
	20-40	0.024	0.057	0.035	0.90	3.53	7.04	0.011	C
27	0-20	0.024	0.119	0.187	1.89	2.56	5.24	0.024	SiC
	20-40	0.022	0.106	0.030	1.62	2.48	3.82	0.019	C
28	0-20	0.022	0.027	0.031	1.43	2.15	5.20	0.008	SiC
	20-40	0.023	0.028	0.033	1.31	2.13	5.28	0.011	SiC
29	0-20	0.014	0.034	0.008	0.80	2.14	5.07	0.013	CL
	20-40	0.015	0.113	0.031	1.30	2.33	5.09	0.018	CL
30	0-20	0.019	0.034	0.037	1.48	3.40	11.89	0.023	CL
	20-40	0.018	0.044	0.030	1.62	3.77	15.09	0.021	CL
<b>Min</b>		0.009	0.011	0.008	0.787	1.11	2.80	0.006	
<b>Max</b>		0.041	0.317	0.187	6.211	3.77	15.09	0.101	
<b>Ort. (Av.)</b>	<b>0-20</b>	0.019	0.077	0.034	1.653	2.70	7.16	0.024	
<b>Ort. (Av.)</b>	<b>20-40</b>	0.018	0.068	0.039	1.648	2.69	7.51	0.025	
	<b>Ort. (Av.)</b>	0.019	0.076	0.038	1.710	2.69	7.39	0.025	

## Nikel

Çalışma alanı tarım topraklarının bütününe değişebilir nikel içeriği en düşük 0.787 mg/kg iken, en yüksek 6.211 mg/kg olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalama değişebilir Nikel içeriği 1.653 mg/kg iken 20-40 cm derinliklerde ise 1.653 mg/kg olup, her iki derinlikte ortalama 1.710 mg/kg olarak bulunmuştur (Tablo 2.). Farklı bir bölgede yapılan çalışmada, Taş ve Demir (2023) Bingöl ovası tarım topraklarının verimlilik düzeyi ile bazı ağır metal içeriklerinin belirlenmesini amaçladıkları çalışma sonucunda toprakların Ni içeriği yönünden ortalama 7.22 mg/kg seviyelerde olduğunu belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Aynı zamanda, Tüfekçi ve ark. (2019)

tarafından yapılan bir çalışma, Türkiye'nin bazı bölgelerindeki tarım topraklarında nikel seviyelerini incelemiştir. Bu çalışmada da, tarım topraklarının genel olarak orta düzeyde nikel içeriğine sahip olduğu tespit edilmiş olup yapılan çalışma ile benzer sonuçlar ortaya koymuştur.

## Bakır

Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım toprakların bakır içeriği örneklerde en düşük 1.11 mg/kg iken, en yüksek bakır 3.77 mg/kg olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalama bakır içeriği 2.70 mg/kg iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 2.69 mg/kg olup iki derinlikte ortalama olarak 2.69 mg/kg bulunmuştur.

Toprak örneklerinin alınabilir bakır içeriği yönünden Lindsay ve Norvell (1978) bildirdiği sınır değerler ele alındığında toprakların % 15'inin yetersiz düzeyde (<2 mg/kg) olduğu belirlenir iken geri kalan toprakların % 85'inin ise alınabilir bakır içeriği bakımından yeterli düzeyde (>2 ppm) olduğu görülmüştür (Tablo 2.). Benzer bir çalışmada, Kırat ve Savcı (2023) Ulutaş Köyü (Erzurum) bölgesindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin belirlenmesini araştırdıkları çalışma sonuçlarına göre, toprakların Cu içeriğinin 14.10-49.40 mg/kg değerleri arasında yüksek düzeyde belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Aynı zamanda, Al-Adham ve ark. (2016) tarafından Konya Havzası'ndaki tarım topraklarının bakır içeriği incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, Konya Havzası'ndaki tarım topraklarının bakır içeriği genellikle düşük ila orta düzeyde bulunmuştur. Bu bulgu, Kırıkhan-Reyhanlı bölgesindeki tarım topraklarının bakır içeriği bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

### Demir

Çalışma alanının topraklarının alınabilir demir içerikleri örneklerde en düşük 2.80 mg/kg iken, en yüksek demir içeriği 15.09 mg/kg olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalaması demir içeriği 7.16 mg/kg iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 7.51 mg/kg olup her iki derinliğin ortalaması olarak 7.39 mg/kg olarak bulunmuştur. Toprak örneklerinin Viets ve Lindsay (1973)'in ortaya koyduğu sınır değerlere göre net bir şekilde demir noksanlığı (<2.5 mg/kg) gösteren topraklar belirlenmemiştir. Kritik demir noksanlığı gösterme olasılığı bulunan (2.5-4.5 mg/kg) topraklar % 11.66 iken % 88.34'ü ise alınabilir demir açısından iyi (>4.5 mg/kg) durumda topraklardır (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 zamanda, Güneş ve ark. (2007) tarafından Türkiye'nin farklı bölgelerindeki tarım topraklarının demir içeriği incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, Türkiye genelindeki tarım topraklarının demir içeriği çeşitli bölgelerde farklılık göstermekle birlikte genellikle orta düzeyde bulunmuştur. Bu bulgu, çalışma alanındaki toprakların demir içeriği bulgularıyla uyumlu görünmektedir.

### Molibden

Kırıkhan-Reyhanlı alanı tarım topraklarının alınabilir molibden içeriği örneklerde en düşük 0.006 µg/kg iken, en yüksek molibden 0.101 µg/kg olarak belirlenmiştir. Toprakların 0-20 cm derinliğindeki örneklerinin ortalaması molibden içeriği 0.024 µg/kg iken 20-40 cm derinlikteki örneklerde ise 0.025 µg/kg olup her iki derinliğin ortalaması

olarak 0.025 µg/kg 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. Özçelik ve ark. (2010) tarafından Türkiye'nin bazı bölgelerindeki tarım topraklarının molibden içeriği incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, Türkiye genelinde tarım topraklarının molibden içeriği düşük düzeyde bulunmuştur. Bu bulgu, Kırıkhan-Reyhanlı alanındaki toprakların molibden içeriği bulgularıyla uyumlu görünmektedir.

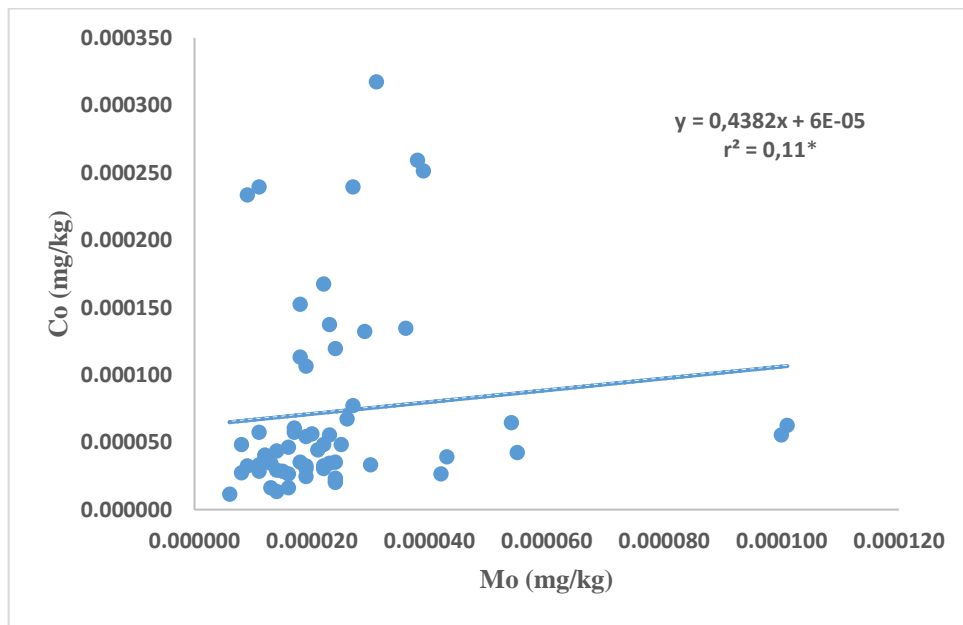
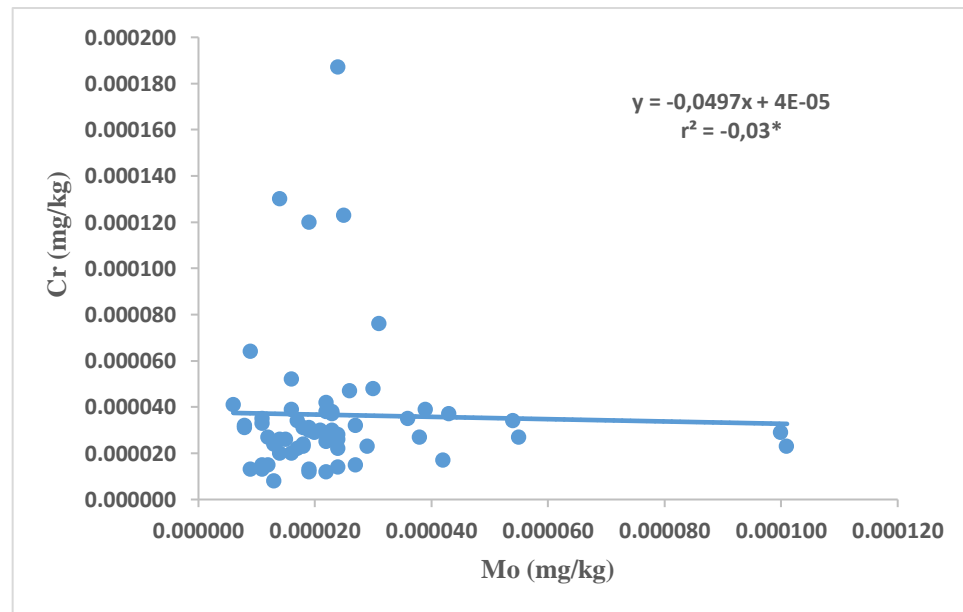
### 3.3. Alınabilir Molibden İçeriği ile Diğer Bazı Toprak Ağır Metal Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Araştırma konusu toprakların ağır metal içerikleri ile alınabilir molibden arasındaki ilişkiler Tablo 3'de verilmiştir. Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı gibi toprakların Mo ile Co (r: 0.11\*; Şekil 2) ve Ni (r: 0.25\*; Şekil 3) içerikleri arasında pozitif önemli ilişkiler belirlenir iken Mo ile Cr (r: -0.03\*; Şekil 4) içerikleri arasında ise negatif önemli ilişki belirlenmiştir. Aynı bölge topraklarında yaptıkları çalışmada, Yalçın ve Çimrin (2019) Kırıkhan-Reyhanlı çayır mera topraklarının Ni ve Co yönünden pozitif korelasyon gösterdiğini belirleyerek benzer sonuçlar ortaya koymuşlardır. Yu ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışma, Mo, Co, Ni ve Cr gibi elementlerin topraklardaki ilişkilerini incelemiştir. Bu çalışma, Mo'nin Co ve Ni ile pozitif korelasyon gösterdiğini ve Cr ile negatif korelasyon gösterdiğini bulmuştur. Bu bulgular, Kırıkhan-Reyhanlı bölgesindeki toprakların element içerikleri arasındaki ilişkilerle uyumlu görünmektedir. Ayrıca toprakların Cd içeriği ile Co (r: 0.57\*\*\*\*) ve Ni (r: 0.53\*\*\*\*) içerikleri arasında oldukça önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Arıkan ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışma, tarım topraklarında Cd ile Co ve Ni arasında pozitif ilişkiler olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, verilerin bu çalışmadaki sonuçlarla uyumlu olduğunu göstermektedir. Toprakların Co içeriği ile Ni (r: 0.53\*\*\*\*) içeriği arasında pozitif önemli ilişki belirlenirken Co içeriği ile Fe (r: -0.27\*) içeriği arasında ise negatif önemli ilişki belirlenmiştir. Karaca ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışma, tarım topraklarında Co ile Ni arasında pozitif ilişkiler ve Co ile Fe arasında negatif ilişkiler olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, verilerin bu çalışmadaki sonuçlarla uyumlu olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte Cu içeriği ile Fe (r: 0.44\*\*\*\*) içeriği arasında önemli pozitif ilişkiye belirlenmiştir. Canlı ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışma, tarım topraklarında Cu ile Fe arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, verilerin bu çalışmadaki sonuçlarla uyumlu olduğunu göstermektedir.

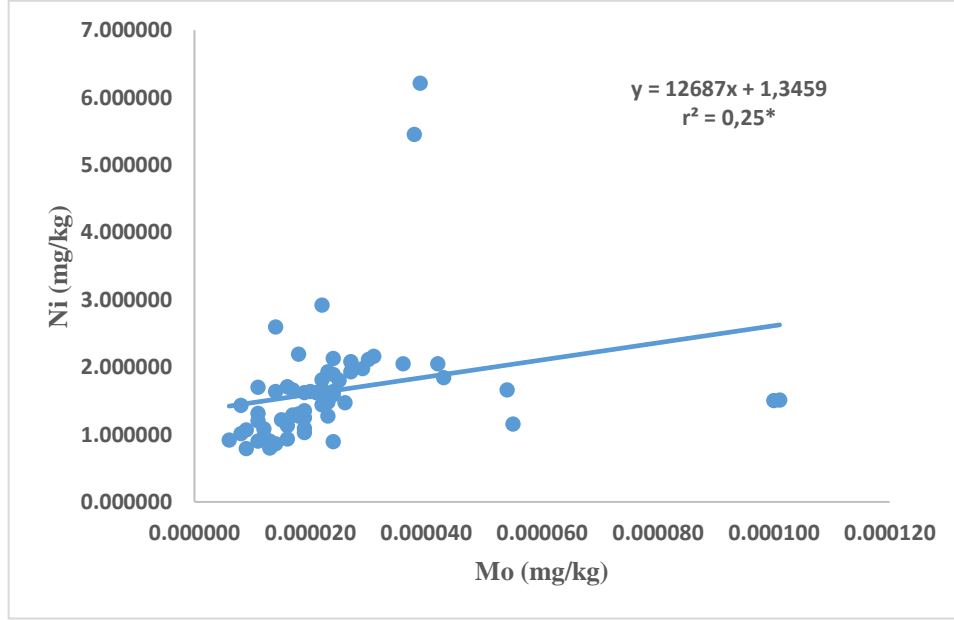
**Tablo 3.** Kınıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının molibden ile bazı toprak ağır metal içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları (r)

	Mo mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg
Cd mg/kg	0.16					
Co mg/kg	0.11*	0.36***				
Cr mg/kg	-0.03*	-0.01	0.07			
Ni mg/kg	0.25*	0.53***	0.53***	0.01		
Cu mg/kg	0.03	-0.15	-0.13	0.18	-0.10	
Fe mg/kg	-0.06	-0.03	-0.27*	-0.05	-0.11	0.44***

\* 0.05 düzeyinde önemli, \*\*\* 0.001 düzeyinde önemli

**Şekil 2.** Toprak örneklerinin yarıyışlı Mo ile Co içerikleri arasındaki ilişki**Şekil 3.** Toprak örneklerinin yarıyışlı Mo ile Cr içerikleri arasındaki ilişki





Şekil 4. Toprak örneklerinin yarayışlı Mo ile Ni içerikleri arasındaki ilişki

#### 4.Sonuç

Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi tarım topraklarının yarayışlı molibden durumu incelenmiş ve topraktaki bazı ağır metal içerikleriyle ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu görüş doğrultusunda, araştırma sonucunda elde edilen Kırıkhan-Reyhanlı tarım toprakları örneklerine ait değerlerin Türkiye ve Dünya’da toprakta izin verilen ağır metal sınır değerleri ile karşılaştırıldığında; çalışma alanı topraklarında ağır metal birikiminin kabul edilebilir sınır değeri içerisinde olduğu görülmüştür. Bu çalışma bize göstermiştir ki; topraklardaki tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu ağır metal kirliliğinin özellikle insanların sağlığı açısından meydana getirebileceği zararın en düşük seviyede olduğu görülmüştür. Araştırma bölgesi tarım topraklarının insan ve hayvan sağlığı açısından zararlı seviyelerde bulunmayan ağır metal içeriklerinin sınır değerlerin üzerine çıkmaması için gerekli tedbirlerin bir an önce alınması oldukça önemlidir. Özellikle çalışma alanı tarım topraklarına yakın bulunan sanayi ve endüstri alanlarında yer alan işletmelerin ve fabrikaların çok sıkı şekilde denetlenmesi kaçınılmaz bir sonuçtur.

#### Kaynaklar

- Acir N, Günel H. 2020. Spesifik yüzey alanı belirlenmesinde organik madde, kireç ve demir oksitlerin uzaklaştırılmasının önemi. TTDB, 7(1):205-211.
- Akyıldız M, Karataş B. 2018. Adana şehir merkezindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması. Ç.Ü. Müh. Fak. Dergisi, 33(2):199-214.
- Al-Adham A, Tüfekçi N, Aydın M, Yıldız A. 2016. Determination of heavy metal pollution in Konya Basin agricultural soils. FEB, 25(9):3544-3551.
- Alkayın M, Yıldız N. 2023. Doğu Karadeniz yöresinde üretilen bazı çayların mineral beslenme durumunun değerlendirilmesi. EJOSAT, 50:162-170.

- Arıkan B, Çakmakçı G, Akıncı İE, Güler C. 2019. Gaziantep ili tarım topraklarında ağır metal kirliliği ve bitki-gübre toprak ilişkisi. ANAJAS, 34(3):365-374.
- Barceloux DG. 1999. Molybdenum. J Toxicol Clin Toxicol, 37(2):231-237.
- Bouyoucos GJ. 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. JEE, 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. TURJAF, 8(5):1087-1091.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F. 1987. Araştırma deneme metotları (istatistik metotları-II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yay. 1021:381s.
- Güneş A, Alpaslan M, İnal A, Çakmak İ, Öztürk L. 2007. Mineral contents of some staple foodstuffs grown in Turkey. Food Chemistry, 101(1):490-499.
- Horneck DA, Hart JM, 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.
- Karaaslan MA, Sönmez İ, Yaman M. 2014. Kadmiyum ve kurşun kirliliği açısından Türkiye tarım topraklarının durumu. SDÜFBED, 18(2):162-170.
- Karaca A, Başkaya HS, Ay Y, Güngör A, Arslan M. 2020. An investigation of the relationship between heavy metal contents of soils and crops in Mardin Province, Turkey. Jour of Agri Sci, 26(2):251-260.
- Kırat G, Savcı S. 2023. Ulutaş köyü (Erzurum) bölgesindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması. TTDB,10(2): 223-233.
- Küçük C, Karaoğlu M. 2021. Iğdır ili 080 devlet karayolu boyunca tarım topraklarında ağır metal kirliliği. EJOSAT, 25:325-333.
- Lindsay WL, Norwel WA. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. J. Soil Sci. Am. 42:421-428.

- İpek H. 2003. Molibden. YYÜ Veterinerlik Fak Der, 14(1):73-76.
- McDowell LR. 1992. Copper and molybdenum minerals. Ani and Hum Nutr. 22(3):176-204.
- Nelson RE. 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 DW, Sommers LE. 1982. Organic matter methods of soil analysis part 2. chemical and microbiological properties second edition. Agronomy, No: 9 Part 2. Edition P: 574-579.
- Özçelik H, Kaya Z, İnan H. 2010. Determination of heavy metals in soils and vegetables in the vicinity of a textile mill. Environ Monit Assess 163(1-4):651-659.
- Özkan F, Demir Y. 2023. Rize ilinde geleneksel ve organik çay tarımı yapılan alanların topraklarında bazı verimlilik parametreleri ile ağır metal içeriklerinin karşılaştırılması. İğdır Üniversitesi FBED, 13(2):1405-1417.
- Rhoades JD. 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.
- Şahin Ü, Aydın M, Yılmaz V. 2013. Türkiye'nin bazı tarım topraklarında krom seviyeleri. E.Ü. Ziraat Fak Derg, 50(1):33-40.
- Şahin Ü, Orhan Y, Akıncı G. 2016. Türkiye'de bazı tarım topraklarında kobalt seviyeleri. SDÜFBED, 20(1):166-172.
- Şimşek T, Kalkancı N, Büyük G. 2021. Tarım topraklarındaki ağır metallerin kirlilik düzeylerinin belirlenmesi: Osmaniye örneği. MKU. Tar. Bil. Derg, 26 (1):106-116.
- Taş R, Demir Y. 2022. Bingöl ovası tarım topraklarının verimlilik düzeyi ile bazı ağır metal içeriklerinin belirlenmesi ve haritalanması. DÜOD, 18(2):296-315.
- Tolunay D. 1992. Toprak kirlenmesi ve yanlış arazi kullanımının yarattığı sorunlar ile çözüm önerileri. FORESTIST, 42(2):155-167.
- Tüfekçi M, Yaşar S, Büyükgüngör H. 2019. İç anadolu bölgesi'nde tarım arazilerinin değişebilir ağır metal içeriği ve faktör analizi ile kirlilik durumunun belirlenmesi. TÛTAD, 6(1):55-61.
- Yu X, Sun B, Zhou J, Wang Y. 2018. Distribution and relationship of molybdenum, cobalt, nickel and chromium in typical Chinese soils. Env Sci and Pollu Resea, 25(8):7970-7979.
- Viets FG, Lindsay WL. 1973. Testing soils for zinc. Copper. Manganese and iron. Soil Soc. Of Amer. Inc. Madison Wisconsin USA. 153-172.
- Yalçın M. 2023. Hatay İli Kırıkhan-Reyhanlı Bölgesi Tarımsal Toprakların Bor Durumunun Belirlenmesi. MAS JAPS 8(2): 202-212.
- Yalçın M, Çimrin KM. 2019. Determination of molybdenum contents and relation of some heavy metals in the soil of meadow-pasture terraces between Kırıkhan-Reyhanlı. TURJAF, 7(1):13-21, 2019
- Yerli C, Çakmakçı T, Şahin Ü, Tüfekçi Ş. 2020. Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. TDFD, 9:103-114.