


Gidyanın Serpantin Toprakların Alınabilir Ağır Metal İçeriğine Etkisi

The Effect of Gytija the Available Heavy Metal Content of Serpentine Soil

Zekeriya Kara 

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Üniversite-Sanayi Kamu İşbirliği Geliştirme, Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü (ÜSKİM), Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

* Corresponding author: zkara@ksu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 21.12.2022
Kabul Tarihi / Accepted: 23.03.2023

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.5281/zenodo.7771542

ÖZET

Bu çalışmada, serpantin topraklara gıdya uygulamasının toprakların alınabilir ağır metal içeriğine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada serpantin topraklara % 0, 1, 2 ve 4 oranında gıdya uygulaması yapılmış ve zamana (2 ay, 4 ay ve 6 ay) bağlı olarak toprakların alınabilir ağır metal içerikleri araştırılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve sera koşullarında 3 tekerrürlü olarak saksılarda yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, gıdya uygulamaları toprak değişkenlerinden organik madde, kireç ve pH'sı artırmıştır. Kontrole göre bu artış istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($p < 0.01$). Bununla birlikte organik madde, kireç ve pH zamana bağlı değişimi istatistiksel olarak anlamlı görülmemiştir ($p > 0.01$). Toprak değişkenlerinde ağır metal (Ni, Cr, Pb, Cd ve Co) içerikleri gıdya uygulamasına bağlı olarak azalmıştır. Uygulamaya bağlı ağır metallerdeki bu azalma istatistiksel olarak anlamlı görülmüştür ($p < 0.01$). Zamana bağlı değişim alınabilir Co dışında diğer ağır metal elementlerinde (Ni, Cr, Pb ve Cd) anlamlı görülmemiştir ($p > 0.01$).

Sonuç olarak gıdya; serpantin toprakların alınabilir ağır metal içeriğini iyileştirmesinin yanı sıra organik madde oranını da artırmıştır. Bu sebep ile ağır metal bakımından zengin ve kireç içeriği düşük alanlara organik düzenleyicilerden gıdya önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Toprak kimyası, ağır metal, gıdya

ABSTRACT

In the research, the effect of gytija application on serpentine soils on heavy metal content of soils was investigated. In the study, 0, 1, 2 and 4% gytija was given to serpentine soils and the available heavy metal content of the soil was investigated according to time (2 months, 4 months and 6 months). The study was carried out according to the randomized plot design and was carried out in greenhouse conditions in three replications in pots. According to the results obtained, gytija applications increased soil variables such as organic matter, lime and pH. This increase was statistically significant compared to the control ($p < 0.01$). On the other hand, the time dependent change for organic matter, lime and pH was statistically insignificant ($p > 0.01$). Heavy metal (Ni, Cr, Pb, Cd and Co) contents in soil variables decreased depending on the gytija application. This decrease in heavy metals depending on the application was statistically significant ($p < 0.01$). The time-dependent variation was statistically insignificant ($p > 0.01$) for other heavy metal elements (Ni, Cr, Pb and Cd) except for available Co. After all, gytija; serpentine not only improved the available heavy metal content of soils, but also increased the organic matter ratio. Therefore, gytija, an organic regulator, can be recommended for soils rich in heavy metals and low in lime.

Keywords: Soil chemistry, heavy metal, gytija

1. GİRİŞ

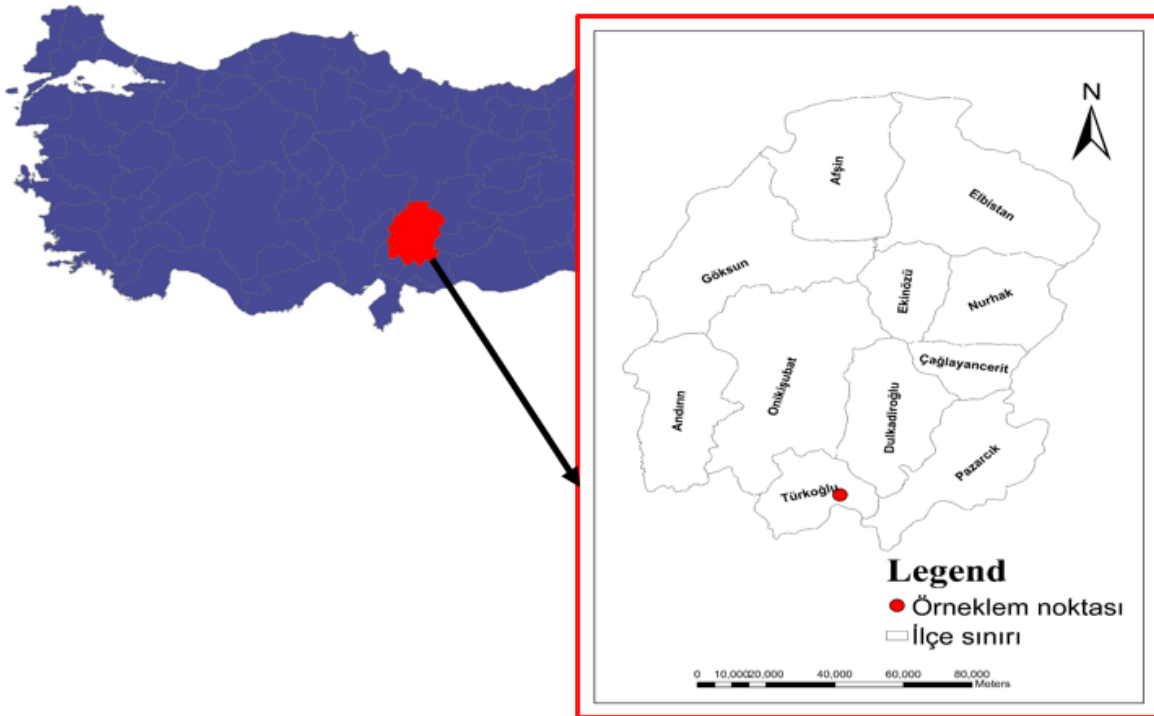
Tarım arazilerindeki ağır metal birikimi insan ve/veya köken kaynaklı olarak oluşabilir. Ultramafik kayalar ve bunlardan oluşan topraklar köken kaynaklıdır. Serpantin topraklar, ultramafik

kayaçların hidrotermal olarak değiştirilmiş halidir (Proctor, 2003). Bu topraklar yüksek konsantrasyonlar'da ağır metal (Co, Ni ve Cr) içerirler (Kazakou ve ark., 2008; Oze ve ark., 2008; Echevarria, 2018; Kara ve ark., 2018). Serpantin toprakların dünya çapındaki ağır metal konsantrasyonu ve dağılımı ana materyalin kimyasal bileşimi, minerolojik ve toprak oluşum faktörlerinden dolayı oldukça değişkenlik göstermektedirler (Hotz, 1964; Schwertmann ve Latham, 1986; Brooks, 1987; Schreier ve ark., 1987; Alexander ve ark., 1989; Gough ve ark., 1989; Kaupenjohann ve Wilcke, 1995). Genel olarak serpantin topraklar, kaba bünyeli, zayıf strüktürel yapı, düşük su tutma kapasitesi, düşük organik madde, düşük oranda makro (N,K,P) ve mikro (Zn) besin elementi ve yüksek Mg/Ca gibi özelliklere sahiptirler (Kara ve ark., 2018; Kara, 2019). Bir çok araştırmacı serpantin toprağın ve çevresinin yüksek oranda ağır metal (Ni, Cr ve Co) içerdiğini belirtmişlerdir (Becquer ve ark., 2003; Oze ve ark., 2004a; Alves ve ark., 2011). Kara ve arkadaşları (2018) serpantin toprakların erozyona karşı çok duyarlı olduğunu rapor etmişlerdir. Serpantin topraklar yüksek erozyona uğrama eğilimlerinin yanı sıra yüksek ağır metal içeriğinden dolayı çevre ekolojisini olumsuz yönde etkileyebilme potansiyeline sahiptir (Alves ve ark., 2011; Cheng ve ark., 2011; Rajapaksha ve ark., 2012). Her yerinde ayrı sorun olan bu toprakların alınabilir ağır metal içeriğini azaltmak için organik düzenleyicilerin kullanılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada organik düzenleyicilerden gıda kullanılmıştır. Gıda, yüksek oranda organik madde ve kireç içeren organomineral bir materyaldir.

Bu çalışmada, insan, çevre ve ekolojiyi olumsuz yönde etkileyebilme potansiyeline sahip serpantin topraklara gıda uygulayarak ağır metallerin (Ni, Co, Pb, Cr, Cd) alınabilirliği üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada serpantin toprak ve gıda materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma toprakları Kahramanmaraş'ın Türkoğlu ilçesine bağlı Hacıbebek köyünden (X:315639, Y:4135823) alınmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Denemede materyal olarak kullanılan serpantin toprağın harita üzerinde gösterimi

Denemenin Kurulması

Çalışmaya konu olan serpantin topraklar 2mm'lik elekten geçirildikten sonra her saksıya 1 kg toprak ve 4 farklı gıdya dozu (% 0, 1, 2 ve 4, w/w) homojen bir şekilde karıştırılmış, deneme ise tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Saksılardaki toprak + gıdya karışımı tarla kapasitesine kadar saf su ile doyuruldu. Saksı içindeki toprak + gıdya karışımı kurudukça saf su ile tekrardan tarla kapasitesine getirildi. Sera ortamında inkube edilen deneme toprakları 2 ay, 4 ay ve 6 ay sonunda örnekler alınmış ve gerekli analizler yapılmıştır.

YÖNTEM

Scheibler kalsimetre cihazı ile toprakların toplam kireç içeriği belirlenmiştir (Kaçar, 1994). Thomas (1996) yöntemi esas alınarak toprak pH'sı tespit edilmiştir. Walkley-Black yöntemine göre organik madde (Nelson ve Sommers, 1996), amonyum asetat yöntemi esas alınarak toprakların alınabilir Ca, Mg ve K belirlendi (Helmke ve Sparks, 1996). Olsen ve arkadaşları (1954) tarafından geliştirilen yöntem esas alınarak yarıyıllı fosfor, DTPA yöntemine göre ise toprakların alınabilir ağır metal içeriği (Cd, Pb, Cr, Ni, Co) tespit edildi (Lindsay ve Norvell, 1978).

İstatistiksel Değerlendirme

Deneme sonunda elde edilen bulguların varyans analizi JMP 7.0 paket programına ve verilerin ortalamalar arasındaki önemlilik düzeyi ise Tukey çoklu karşılaştırma testine göre tespit edildi (JMP, 2007)

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Deneme de kullanılan serpantin toprak ve gıdya'nın bazı kimyasal analiz sonuçları tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'e göre toprak pH' sı nötr (Sağlam, 2008), organik madde içeriği orta, kireç içeriği az (Ülgen ve Yurtsever, 1988), alınabilir K ve P ise yetersiz (Alpaslan ve ark., 1998) sınıfında yer almıştır. Bir çok araştırmacı serpantin toprakların P ve K bakımından fakir olduğunu belirtmişlerdir (Kruckeberg, 2004; Brady ve ark., 2005; O'Dell ve Claassen, 2006a,b; Kazakou ve ak., 2008). Çalışmaya konu olan toprakların Ca/Mg oranı 0.34 olarak tespit edildi. Ca/Mg oranı bitkilerin gelişimini olumsuz yönde etkileyen bir parametredir. Serpantin toprakların verimsizliğini Ca/Mg düşüklüğüne bağlamışlardır (Brooks, 1987; Palm ve Volkenburgh, 2014). Bitkinin dengeli beslenebilmesi için bu oran yaklaşık 6 civarı olmalıdır. Bazı araştırmacılar serpantin toprakların Ca/Mg düşüklüğünü rapor etmiştir (Brook, 1987; Proctor ve ark., 1998; Öze ve ark., 2008; Kara, 2019).

Tablo 1. Çalışmada materyal olarak kullanılan serpantin toprak ve gıdya'nın bazı kimyasal özellikleri

	pH	OM	Kireç	K	P	Ca	Mg	Ca/Mg	Co	Ni	Cr	Pb	Cd
		%	%	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g		µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Serpantin Toprak	6.77	2.38	0.48	62.8	2.23	1396	2440	0.34	0.5	32.1	0.03	1.01	0.08
Gıdya (1/10)	7.09	42.3	52.1	115	13.8	7250	649	6.70	0.57	0.44	0.01	0.86	0.04

OM: organik madde, K: potasyum, P: fosfor, Ca: kalsiyum, Mg: magnezyum, Co: kobalt, Cd: kadmiyum, Pb: kurşun, Ni: nikel, Cr: krom

Deneme toprakların alınabilir Co, Ni, Cr, Pb ve Cd içeriği sırası ile 0.5 µg/g, 32.1 µg/g, 0.03 µg/g, 1.01 µg/g ve 0.08 µg/g olarak tespit edildi (Tablo 1). Serpantin topraklar üzerinde yürütülen

çalışmalarda alınabilir ortalama Co içeriğini 0.55 µg/g (Rajabzadeh ve ark., 2015), alınabilir Ni 15-80 µg/g (Rajakarune ve Bohm, 2002), alınabilir Cr 0.07-0.35 µg/g (Vithanage ve ark., 2014) ve ortalama alınabilir Pb içeriğini ise 0.10 µg/g (Xhafferri ve ark., 2017) olarak rapor etmişlerdir. Toprakların tolere edilebilir değişebilir Co içeriği 0.09 µg/g (Carrigan ve Erwin, 1951), Ni içeriği 10 µg/g (Gerendas ve ark., 1999), Cr içeriği 1 µg/g (Bowen, 1966) ve Pb içeriğini 4 µg/g (Chapman, 1971) olarak belirtmişlerdir. Toprakların Co ve Ni içeriği tolere edilebilir konsantrasyondan daha yüksek iken Cr ve Pb sınırın altında olduğu görülmektedir. Kabata-Pendias ve Mukherjee (2007) toprakların alınabilir Cd içeriğini 0.00022 µg/g ile 0.3 µg/g arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Buna göre deneme toprakların değişebilir Cd içeriği sınır değerinin içinde yer almaktadır.

Çalışmadan elde edilen değişkenlerin varyans analiz özeti aşağıda verilmiştir (Tablo 2). Söz konusu tabloya göre zamanın toprak değişkenlerinden pH, OM, kireç, Cd, Pb, Ni ve Cr üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermez iken Co üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Ayrıca zaman X uygulama doz interaksyonu toprak değişkenlerinden sadece pH ile istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($p<0.01$). Varyans analizinden elde edilen sonuçlara göre uygulama dozlarının pH, OM, kireç, Co, Cd, Pb, Ni ve Cr üzerinde anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p<0.01$).

Tablo 2. Denemede elde edilen verilerin ANOVA test sonuçları

VK	SD	pH	OM	Kireç	Co	Cd	Pb	Ni	Cr
Zaman	2	0.001644	0.001018	0.005828	0.04162**	0.0000050	0.000408	0.485158	0.0000014
Uygulama Dozu	3	1.33436**	3.65125**	1.23048**	0.03692**	0.00058**	0.22221**	154.915**	0.00047**
Zaman X Doz İnteraksyonu	6	0.00474**	0.0031572	0.0011141	0.0049224	0.0000142	0.0011638	0.7252880	0.0000003
Hata	24	0.0009444	0.0017910	0.0032548	0.0033234	0.0000053	0.0012611	1.2896722	0.0000027
Genel	35								

VK: varyasyon kaynağı, SD: serbestlik derecesi, OM: organik madde, Co: kobalt, Cd: kadmiyum, Pb: kurşun, Ni: nikel, Cr: krom

Tablo 3'de toprak değişkenleri için uygulama dozlarının tukey analiz sonucu verilmiştir. Gıda uygulamalarının pH üzerindeki etkisi incelendiğinde, en düşük pH kontrol (6.77) noktasında, en yüksek %4 gıda uygulanan saksılarda elde edildi. Her uygulama kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı görülmüştür ($p<0.01$). Toprak değişkenlerinden organik madde (%2.38) ve kireç (%0.48) en düşük değeri kontrol noktasında, en yüksek değerleri ise (OM: %3.88 ve kireç: %1.37) %4 uygulama yapılan saksılarda tespit edildi (Tablo 3). Kireç ve organik maddenin kontrole göre artışı önemli görülmüştür ($p<0.01$). Saltalı ve Kara (2022) organik düzenleyicilerden gıda'nın toprakların organik madde, kireç ve pH'sını artırdığını bildirmişlerdir.

Topraklarda en yüksek Co, Cd, Pb, Ni ve Cr konsantrasyonu kontrol saksılarında elde edilir iken en düşük Cd, Pb, Ni ve Cr değerleri ise %4 uygulama dozların da tespit edildi. Oysaki toprak değişkenlerinden Co en düşük değeri %2 gıda uygulamasında elde edildi. Uygulama dozları ile topraklardaki alınabilir ağır metal (Co, Cd, Pb, Ni, Cr) azalımı arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.01$) bulunmuştur (Tablo 3). Çalışmada elde edilen sonuçlar, ağır metallerin bazılarının humik madde ile kompleksler oluşturması yada kireç ile çökmesi ile ilişkilendirilmiştir. Karaca ve ark. (2006), tarafından yürütülen çalışmada organik madde (gıda) içerisindeki humik maddelerin ağır metaller (Cd, Pb, Ni) ile kompleks bileşikler oluşturarak alınabilirliğini azalttığını belirtmişlerdir. Başka bir araştırmacı alınabilir Cd ile kireç (CaCO_3) tepkimeye girerek CdCO_3 olarak çökebileceğini bildirmiştir (Papadopoulos ve Rowell, 2006).

Tablo 3. Bazı kimyasal değişkenlerin uygulama dozuna ait tukey test sonucu

Uygulama	pH	OM	Kireç	Co	Cd	Pb	Ni	Cr
Kontrol	6.7755d	2.3872d	0.4811d	0.4880a	0.07122a	1.0055a	31.2522a	0.028333a
%1	7.1500c	2.7711c	0.8513c	0.3564b	0.06077b	0.8522b	25.6367b	0.018222b
%2	7.4222b	3.1555b	1.0125b	0.3482b	0.05855b	0.7733c	23.2444c	0.014777c
%4	7.6744a	3.8800a	1.3723a	0.3955b	0.05177c	0.6288d	21.8333d	0.011555d

OM: organik madde, Co: kobalt, Cd: kadmiyum, Pb: kurşun, Ni: nikel, Cr: krom

Tablo 4’de değişkenlerin zamana göre istatistiksel analiz sonucu verilmiştir. Buna göre toprak değişkenlerin den pH, OM, kireç, Cd, Pb, Ni ve Cr’un 2.ay, 4.ay ve 6.ay sonunda elde edilen verilerin değişimi anlamlı görülmemiştir ($p>0.01$). Toprak değişkenlerinden Co zamana bağlı olarak azalma göstermiştir (Tablo 4). Bu azalma tukey analiz sonucuna önemli görülmüştür ($p<0.01$).

Tablo 4. Bazı kimyasal değişkenlerin zaman faktörüne ait tukey test sonucu

Aylar	pH	OM	Kireç	Co	Cd	Pb	Ni	Cr
2.ay	7.26667	3.05633	0.90875	0.45433a	0.060916	0.81750	25.6642	0.018500
4.ay	7.24333	3.05075	0.95258	0.40017b	0.061000	0.81917	25.5400	0.018333
6.ay	7.25667	3.03833	0.92667	0.33667c	0.059833	0.80833	25.2708	0.017833

OM: organik madde, Co: kobalt, Cd: kadmiyum, Pb: kurşun, Ni: nikel, Cr: krom

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Serpantin topraklara farklı oranlarda gıda uygulanması sonucu; toprakların organik madde, kireç ve pH değerleri kontrole göre artış göstermiştir. Aylara göre değişim önemli görülmez iken uygulama dozları istatistiksel olarak anlamlı görülmüştür ($p<0.01$). Alınabilir Ni, Co, Cr, Cd ve Pb gıda uygulama dozuna bağlı olarak alınabilir konsantrasyonu azalmıştır. Uygulama ve zaman göre değişim sadece Co için önemli görüldü ($p<0.01$). Diğer ağır metaller (Ni, Cr, Cd ve Pb) zamana göre değişim anlamlı görülmez iken uygulama dozları istatistiksel olarak önemli görülmüştür. Organik düzenleyicilerden gıda ağır metal içeriği yüksek alanlarda (serpantin toprak) olumlu yönde etkisini göstermiştir. Sonuç olarak, ağır metalce zengin alanların iyileştirilmesinde gıda uygulaması önerilebilir.

KAYNAKLAR

Alexander, E.B., Adamson, C., Zinke, P.J. & Graham, R.C. (1989). Soils and conifer forest productivity on serpentized peridotite of the Trinity ophiolite, California: Soil Science, v. 148: 412-423.

Alparslan, M., Güneş, A. & İnal, A. (1998). Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fak. Yayın No: 1501, Ders Kitabı. No: 455. Ankara.

Alves, S., Trancoso, M.A., Goncalves, M.L.S. & Dos Santos, M.M.C. (2011). A nickel availability study in serpentized areas of Portugal. Geoderma, 164: 155-163.

- Becquer, T., Quantin, C., Sicot, M. & Boudot, J.P. (2003). Chromium availability in ultramafic soils from New Caledonia. *Science of the Total Environment*, 301(1-3): 251-261.
- Bowen, H.J.M. (1966). *Trace element in Biochemistry*, Academic Press, London.
- Brady, K.U., Kruckeberg, A.R. & Bradshaw, H.D.Jr. (2005). Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils: *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*,
- Brooks, R.R. (1987). *Serpentine and its vegetation. A Multidisciplinary Approach*. Dioscorides Press, Portland.
- Carrigan, R.A. & Erwin, T.C. (1951). Cobalt Determination in Soils by Spectrographic Analysis Following Chemical Preconcentration. *Proc. Soil Science Society of America* 15: 145- 149
- Chapman, H.D. (1971). *Proc. Intern. Symp. Soil Fert. Evaln. New Delhi* 1:927-947.
- Cheng, C.H., Jien, S.H., Iizuka, Y., Tsai, H., Chang, Y.H. & Hseu, Z.Y. (2011). Pedogenic chromium and nickel partitioning in serpentine soils along a toposequence. *Soil Science Society of America Journal*, 75 (2): 659-668.
- Echevarria, G. (2018). Genesis and behaviour of ultramafic soils and consequences for nickel biogeochemistry. In: van der Ent, A., Echevarria, G., Baker, A.J.M., Morel, J.L. (Eds.), *Agromining: Extracting Unconventional Resources From Plants*, Mineral Resource Reviews Series.
- Gerendas, J., Polacco, J.C., Freyermuth, S.K. & Sattelmacher, B. (1999). Significance of nickel for plant growth and metabolism. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162: 241Z 256.
- Gough, L.P., Meadows, G.R., Jackson, L.L. & Dudka, S. (1989). Biogeochemistry of a highly serpentinized, chromite-rich ultramafic area, Tehama County, California: *U.S. Geological Survey Bulletin* 1901, p. :1-24.
- Helmke, P.A. & Sparks, D.L. (1996). Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium and Cesium. In: *methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*, Sparks, D.L. (Eds). Soil Science Society of America, Madison, WI, USA., ISBN: 0891188258, pp: 551-574.
- Hotz, P.E. (1964). Nickeliferous laterites in southwestern Oregon and northwestern California. *Economic Geology*, 59: 355-396.
- JMP, (2007). *JMP User Guide 7.0v*, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, ISBN 978-1-59994-408-1.
- Kabata-Pendias, A. & Mukherjee, A. (2007). *Trace Elements From Soil to Human*. Springer Berlin Heidelberg New York, 294-305.
- Kaçar, B. (1994). Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. Toprak Analizleri. A.Ü. Ziraat Fak. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Ankara, 705.
- Kara, Z., Rızaoğlu, T. & Saltalı, K. (2018). The Physical Characteristics of Peridotite and Amphibolite Based Soils from Kahramanmaraş, Se Anatolia-Turkey. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Bulgaria, Proceedings Book: 627-633
- Kara, Z. (2019). Kahramanmaraş Bölgesinde Ofiyolitik Topluluğun Farklı Kesimlerini Temsil Eden Kayaçlar İle Üzerinde Oluşan Toprakların Asbest Mineral İçeriklerinin ve Jeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Doktora Tezi, Kahramanmaraş, 243 sy.
- Kara, Z., Rızaoğlu, T. & Saltalı, K. (2018). Total heavy metal contents in serpentine soils from Türkoğlu-Kahramanmaraş. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Bulgaria, Proceedings Book: 659-665 vol. 18, Iss.3.2 DOI: 10.5593/sgem2018/3.2/S13.085
- Karaca A, Turgay, O.C. & Tamer, N. (2006). Effects of a humic deposit (gidya) on soil chemical and microbiological properties and heavy metal availability. *Biol Fertil Soils.* 42: 585–592.

- Kaupenjohann, M. & Wilcke, W. (1995). Heavy metal release from a serpentine soil using a pH-stat technique. *Soil Science Society of America Journal*, 59: 1027-1031.
- Kazakou, E., Dimitrakopoulos, P.G., Baker, A.J., Reeves, R.D. & Troumbis, A.Y. (2008). Hypotheses, mechanisms and trade-offs of tolerance and adaptation to serpentine soils: from species to ecosystem level. *Biol Rev* 83:495-508.
- Kruckeberg, A.R. (2004). *Geology and plant life: the effects of landforms and rock types on plants*. University of Washington press, Seattle.
- Lindsay, W.L. & Norvel, W.A. (1978). Development of DTPA Soil Test for Zn, Fe, Mn and Cu. *Soil Sci. Amer. J.* 42(3), 421-28.
- Nelson D.W & Sommers, L.E. (1996). Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. in D.L. Sparks (Eds) *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods*, SSSA Book Series Number 5, SSSA., Madison,WI, P: 961 1011. Odin, S., Huminsauen. Th. Steinkopff, Dresden und Leipzig, 1922, 199 pp.
- O'Dell, R.E. & Claassen, V.P. (2006a). Relative performance of native and exotic grass species in response to amendment of drastically disturbed serpentine substrates. *J Appl Ecol* 43 (5): 898-908
- O'Dell, R.E. & Claassen, V.P. (2006b). Serpentine and nonserpentine *Achillea millefolium* accessions differ in serpentine substrate tolerance and response to organic and inorganic amendments. *Plant Soil* 279: 253-259
- Olsen, S.R., Cole, C.V. ,Watanabe, FS. & Dean, LA. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate US Dept. Agric. Cric. 939.
- Oze, C., Fendorf. S., Bird, D.K. & Coleman, R.G. (2004a). Chromium geochemistry in serpentinized ultramafic rocks and serpentine soils from the Franciscan complex of California. *American Journal of Science*, 304: 67-101.
- Oze, C., Schroth, A.W. & Coleman, R.G. (2008). Growing up Green on Serpentine Soils: Biogeochemistry of Serpentinite Vegetation in the Central Coast Range of California. *Applied Geochmistry*, 23: 3391-3403
- Palm, E.R. & Volkenburgh, E.V. (2014). *Physiological Adaptations of Plants to Serpentine Soil*.
- Proctor, J. (2003). Vegetation and soil and plant chemistry on ultramafic rocks in the tropical Far East. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 6: 105-124
- Proctor, J., Argent, G.C. & Madulid, D.A. (1998). Forests of the ultramafic Mount Giting-Giting, Sibuyan Island, Philippines. *Edinb J Bot* 55: 295-316
- Rajabzadeh, M.A., Ghasemkhani, E. & Khosravi, A. (2015). Biogeochemical study of chromite bearing zones in Forumad area, Sabzevar ophiolite, Northeastern Iran, *J. Geochem. Explor.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2015.01.002>.
- Rajakaruna, N. & Bohm, B.A. (2002). Ultramafic and its vegetation: a preliminary study from Sri Lanka. *J Appl Bot Angew Bot* 76: 20-28
- Rajapaksha, A.U., Vithanage, M., Oze, C., Bandara, W. & Weerasooriya, R. (2012). Nickel and manganese release in serpentine soil from the Ussangoda Ultramafic Complex, Sri Lanka. *Geoderma*, 189: 1-9.
- Sağlam, T. (2008). Toprak Kimyası. Namık Kemal Üni. Zir. Fak. Yayın No:1, S 94, Tekirdağ.
- Saltalı, K. & Kara, Z. (2022). Effects of gytja applications on some chemical properties of acidic soils. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(2): 374 - 379

- Schreier, H., Omueti, J.A. & Lavkulich, L.M. (1987). Weathering processes of asbestos-rich serpentinitic sediments. *Soil Science Society of America Journal*, 51: 993-999.
- Schwertmann, U. & Latham, M. (1986). Properties of iron oxides in some New Caledonian Oxisols. *Geoderma*, 39: 105-123.
- Thomas, G.W. (1996). Soil pH and Acidity. pp: 475-491. In D.L. Sparks (ed) *Method of Soil Analysis: Chemical Methods. Part 3. SSSA, Madison, WI.*
- Ülgen, N. & Yurtseven, N. (1988). Türkiye Gübre ve Gübreleme rehberi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araş. Ens. Müd. Yayınları. Genel Yayın No:151. Ankara
- Vithanage, M., Rajapaksha, A.U., Oze, C., Rajakaruna, N. & Dissanayake, C.B. (2014). Metal release from serpentine soils in Sri Lanka. *Environmental Monitoring and Assessment*;186 (6): 3415-3429
- Xhaferrı, B., Banı, A., Echevarrıa, G. & Gjeta, E. (2017). Variation in nickel accumulation in organs of *Alyssum murale* from serpentine site of Albania. *Albanian j. agric. sci.*, Agricultural University of Tirana.