

# Doğu Akdeniz Bölgesindeki Krom Maden Alanı Topraklarında Azot Mineralizasyonu

Nacide KIZILDAĞ\*

Çukurova Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı, 01330, Adana

\*Sorumlu yazar e-posta (Corresponding author e-mail) : nkizildag@cu.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 17.01.2017

Kabul tarihi (Accepted): 10.03.2017

## Öz

Kromun (Cr) endüstrideki yaygın kullanımına bağlı olarak çeşitli çevresel ortamlarda ciddi bir kirlenici haline geldiği ve toprak mikroorganizmalarına karşı son derece toksik etki gösterdiği bilinmektedir. Buna göre kroma uzun süre maruz kalmış ekosistemlerde toprak mikroorganizmalarının fonksiyonlarının bilinmesi çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu bağlamda Aladağ' da (Adana) krom maden ocağına yakın ve ocaktan etkilenmemiş 3 farklı alandan (Bozluk, Kızılyüksek ve Yanıkçam) alınan cevherli ve cevhersiz toprakların azot mineralizasyonlarını kıyaslamak ve kromun mikroorganizmalara olası etkilerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Toprakların azot mineralizasyonu ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) Parnas-Wagner metodu ile 42 gün boyunca (11., 26. ve 42. gün) 28°C ve sabit nemde belirlenmiştir. Yanıkçam lokasyonu haricinde cevherli toprakların toplam Cr içeriği cevhersiz topraklara göre daha yüksek bulunmuştur (309, 59 mg kg<sup>-1</sup>). Her üç lokasyonda da Cr ilave edilen ve edilmeyen cevhersiz toprakların azot mineralizasyon oranları, cevherli topraklardan daha yüksek bulunmuştur. En yüksek mineralleşme oranı Cr ilave edilmeyen cevhersiz Kızılyüksek toprağında (% 1.73), en düşük ise yine Cr ilavesi olmayan cevherli Yanıkçam (% 0.36) toprağında gözlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanarak, amonyak ve nitrat bakterilerinin kromdan etkilendiğini söylemek mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** Krom, azot mineralizasyonu, maden ocağı, toksisite, Aladağ

## Nitrogen Mineralization in Soils of Chromium Mine Area in the East Mediterranean Region

### Abstract

It is known that chromium became a serious pollutant in various environmental due to its common use in industry and that it is highly toxic effect for soil microorganisms. For this reason, it is important to know the functioning of soil microorganism in ecosystems which are exposed to chromium for a long time. In this context, it was aimed to compare nitrogen mineralization of contaminated and uncontaminated soils which were in 3 different regions (Bozluk, Kızılyüksek and Yanıkçam) in Aladağ (Adana) near mine but not effected of it and to reveal possible effects of chromium on microorganism. Nitrogen mineralization of soils ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) was determined by the Parnas-Wagner method over 42 days (11<sup>th</sup>, 26<sup>th</sup>, and 42<sup>nd</sup> days) at 28°C and under constant moisture. The total Cr content of contaminated soils is higher than uncontaminated soils except for Yanıkçam region (309,59 mg kg<sup>-1</sup>). In each place, mineralization rates of chromium added contaminated or uncontaminated soils were measured higher than the soils which were contaminated. The maximum mineralization rate was observed in uncontaminated soils of Kızılyüksek (1.73%) which were not added Cr, the minimum rate was in the soils of contaminated soils of Yanıkçam which were also not added (0.36%). Based on the results obtained from the findings of this study, it is possible that ammonium and nitrate bacteria was affected by chromium.

**Key Words:** Chromium, nitrogen mineralization, Mining, toxicity, Aladağ

## GİRİŞ

Antropojenik faaliyetler sonucu toprakların ağır metallerce kirlenmesi tüm dünyada ciddi bir çevresel sorun haline gelmiştir. Madencilik, metalli cevherlerin, hurda metallerin eritilmesi ve işlenmesi, kentsel atıklar, hem biosit (pestisit), hem de gübre uygulamaları ağır metallere bağlı toprak kirliliğinin ana kaynağını oluşturmaktadır (Kebir ve Bouhadjera, 2011). Toprak mikrobiyal popülasyonu bu ağır metallere kaynaklanan büyük bir baskı altında olup (Chaudhary ve ark., 1996; Obbard, 2001) kirlenmelerin olumsuz etkilerini ilk olarak algılayan ve doğru yansıtan canlılardır. Bu popülasyonu oluşturan canlıların potansiyeli ve çeşitliliği çevredeki kirlilik derecesini değerlendirmede önemli bir gösterge olarak kullanılabilir (Sani ve ark., 2003; Utgikar ve ark., 2004; Ahmad ve ark., 2005). Ağır metallerin yüksek konsantrasyonları mikroorganizma popülasyonu ve aktivitelerini değiştirerek toprak verimliliğini olumsuz etkilemektedir (Friedlova, 2010).

Krom (Cr) toprak kirliliğine sebep olan belli başlı ağır metaller arasında yer almaktadır (Lenart ve Wolny- Koladka, 2013). Toprak mikroorganizmalarına karşı son derece toksik etki gösteren bir metal olup endüstride yaygın kullanımına bağlı olarak, çevresel ortamlarda ciddi bir kirlenici haline gelmiştir. Krom doğada Cr (III) ve Cr (VI) formunda bulunmaktadır (Apte ve ark., 2006). Kromat endüstrisi, topraklar için krom kirliliği açısından tehlike oluşturmaktadır (Alcântara ve ark., 2007). Bu nedenle uzun süre kroma maruz kalmış topraklarda mikroorganizma fonksiyonlarındaki değişimin araştırılması önemli olmaktadır. Yapılan bir çalışma, toprağa artan dozlarda (0-100 mg/kg) uygulanan kromun, toprağın mikroorganizma ve enzim aktivitesini önemli ölçüde düşürdüğünü göstermiştir (Dotaniya ve ark., 2017).

Toprakta, ana kayada ve havada serbest ve bağlı azotun bulunış miktarları çok yüksek olabilmesine karşın kullanılabilirliği mikroorganizma faaliyetleri sonucu mümkün olabilmektedir (Tecimen ve Sevgi, 2008). Toprakta azot alınabilirliği toprak kalitesinin önemli bir göstergesidir (Ünver, 2007). Azot mineralizasyonu, toprak organik maddesindeki kompleks azotlu bileşiklerin ayrışma ve transformasyonları sonucu basit inorganik azot

formlarına dönüşmesi olarak tanımlanmaktadır. Biyokimyasal olan bu süreç toprak organik maddesinin kalitesi, mikrobiyal biyomas, mikrobiyal etkinlik, toprak sıcaklığı ve nemi gibi faktörler ve diğer ortam koşulları tarafından kontrol edilmektedir (Ünver, 2007).

Bu çalışmanın amacı, Aladağ (Adana) krom maden ocağına yakın ve ocaktan etkilenmemiş alanlardan (Bozluk, Kızılyüksek ve Yanıkçam) alınan cevherli ve cevhersiz topraklarda potansiyel azot mineralizasyonunu kıyaslamak ve kromun mikroorganizmalara olası etkilerini ortaya koymaktır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Adana ili Aladağ ilçesinde bulunan krom maden işletmesi yakınlarındaki Bozluk, Kızılyüksek ve Yanıkçam mevkiileri örneklik alan olarak



**Şekil 1.** Örnek alım yerlerinin uydu görüntüsü (1: Cevherli, 2: Cevhersiz)

**Figure 1.** Satellite view of sample locations

seçilmiştir (Şekil 1).

Her üç lokasyonda kromla kontamine olmuş ve olmamış (cevherli ve cevhersiz) alanlardan 0-20 cm derinliğinden toprak örnekleri alınmıştır. Örneklik alanların koordinatları Çizelge 1' de verilmiştir.

Topraklar laboratuvarında kurutulup 2 mm' lik eleklerle elenerek analizlere hazır hale getirilmiştir. Toprakların bünye tipi hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1951), toprak pH'sı 1:2.5'lik toprak-su karışımında InoLab pH metresi ile (Jackson, 1958), kireç içeriği (%) Scheibler kalsimetresi ile (Allison ve Moddie, 1965), tarla kapasitesi (TK, %) 1/3 atmosferik basınçlı vakum pompası ile belirlenmiştir (Demiralay, 1993). Toprakların C içeriği (%C) Anne metodu (Duhaufour, 1970), toplam N içeriği (%N) Kjeldahl metodu ve toplam

**Çizelge 1.** Örneklilik alanların koordinatları (X ve Y:Koordinat, Z:Denizden Yükseklik)  
**Table 1.** Coordinates of the sampling areas (X and Y:Coordinate, Z:Altitude)

Lokasyon	X	Y	Z
Bozluk-Cevherli	4171621.48	713339.48	1161.04
Bozluk-Cevhersiz	4171912.92	713336.87	1172.73
Kızılyüksek-Cevherli	4165312.89	715015.89	1218.32
Kızılyüksek-Cevhersiz	4165057.09	714498.87	1264.14
Yanıkçam-Cevherli	4170015.91	719005.97	1545.39
Yanıkçam-Cevhersiz	4169808.46	719351.17	1563.12

Cr içerikleri ise ICP-OES ile yaş yakma yöntemine (Reisenauer, 1982) göre belirlenmiştir.

Azot mineralizasyonu için toprak örnekleri 750 ml'lik inkübasyon kavanozlarına konulup tarla kapasitelerinin %80'i oranında nemlendirilmiştir. Hava girişini sağlamak için kavanozların ağzı ince bir bez ile kapatılıp 28°C'de 42 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. 11., 26. ve 42. günler sonunda topraklar, 200 ml 1.0 N CaCl<sub>2</sub> çözeltisi ile 1 saat karıştırılıp çalkalanmış ve süzöldükten sonra süzükte Parnas-Wagner metoduna göre Mineral Azot (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) içerikleri belirlenmiştir (Lemée, 1967; Gökçeoğlu, 1979). Krom madeni alanından alınan cevherli ve cevhersiz topraklar kontrol grubu olarak direk inkübasyona bırakılmıştır. Ayrıca kontrol grubu dışında, kromun etkisini kıyaslamak için ayrı bir grup olarak in vitro toprakların toplam Cr içeriğine eş değer oranda Cr içeren K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> karıştırılıp azot mineralizasyonları incelenmiştir. Dolayısıyla bu

grupta, toplam Cr içeriğine eş değer oranda Cr içeren K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ilavesinden sonra tüm toprakların Cr içeriği başlangıca göre 2 kat olmuştur.

Araştırma verilerinin istatistiksel analizi SPSS 21.0 paket programı ile yapılmıştır. Tüm örneklerin analiz sonuçları 3 tekrarlı olarak ortalama ± standart hata olarak belirlenmiş, bu sonuçların aralarındaki farklar Tukey HSD ile ortaya konmuş ve çizelge ve şekillerde sunulmuştur. Tüm istatistik analiz için önem düzeyi P ≤ 0.05 olarak alınmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Toprakların fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ortalama ve standart hata değerleri Çizelge 2' de verilmiştir. Her üç lokasyonun tüm toprakları kumlu killi tınlı (SCL) olup tarla kapasiteleri 21.15 ile 28.35 (%) arasında ve genel olarak cevhersiz topraklarda daha yüksek bulunmuştur. Tüm toprakların pH' ları ise hafif alkali olup aralarında istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir (P>0.05), (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Bozluk, Kızılyüksek ve Yanıkçam topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri  
**Table 2.** Soils of Bozluk, Kızılyüksek and Yanıkçam some physical and chemical properties

Analizler	Bölgeler					
	Cevherli			Cevhersiz		
	Bozluk	Kızılyüksek	Yanıkçam	Bozluk	Kızılyüksek	Yanıkçam
Kum(%)	61,72 ± 0,91	71,36 ± 0,49	60,54 ± 0,33	56,57 ± 1,19	62,58 ± 0,95	65,50 ± 0,69
Silt(%)	18,24 ± 0,62	13,90 ± 0,26	15,09 ± 0,89	16,40 ± 0,67	13,24 ± 0,74	11,72 ± 1,00
Kil(%)	20,71 ± 0,31	15,84 ± 0,51	23,93 ± 0,88	22,29 ± 0,50	21,96 ± 1,23	20,90 ± 0,22
Tekstür tipi	Kumlu Killi Tınlı (SCL)					
TK(%)	24,40 ± 1,18	21,15 ± 0,92	27,60 ± 2,25	28,35 ± 2,10	25,80 ± 1,25	24,50 ± 0,88
PH	7,38 ± 0,01	7,45 ± 0,02	7,41 ± 0,02	7,38 ± 0,02	7,39 ± 0,03	7,40 ± 0,03
C(%)	2,10 ± 0,05	1,94 ± 0,10	2,63 ± 0,09	1,77 ± 0,05	1,95 ± 0,10	1,34 ± 0,04
N(%)	0,18 ± 0,00	0,18 ± 0,00	0,20 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,15 ± 0,01
C/N	11,89 ± 0,05	10,62 ± 0,70	12,92 ± 0,31	11,12 ± 0,28	10,83 ± 0,10	8,74 ± 0,41
Cr(ppm)	229,17 ± 0,02	296,10 ± 0,01	309,59 ± 0,01	205,51 ± 0,40	213,43 ± 0,16	258,07 ± 0,24

**Çizelge 3.** Bozluk, Kızılyüksek ve Yanıkçam topraklarının azot mineralizasyonları (42 gün)  
**Table 3.** Nitrogen mineralization the soils of Bozluk, Kızılyüksek and Yanıkçam (42 days)

		HN <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N			NO <sub>3</sub> -N			N min (%)
		11. gün	26. gün	42. gün	11.gün	26. gün	42. gün	
Bozluk	Cevhersiz	8,44 ± 0,23	7,18 ± 0,22	6,63 ± 0,32	11,01 ± 0,10	12,06 ± 0,14	19,06 ± 0,14	1,61 ± 0,02
	Cevherli	7,27 ± 0,12	6,73 ± 0,16	5,61 ± 0,38	10,12 ± 0,11	9,72 ± 0,10	12,99 ± 0,20	1,05 ± 0,03
İlavesiz Kızılyüksek	Cevhersiz	9,20 ± 0,19	8,78 ± 0,11	6,00 ± 0,15	14,76 ± 0,23	20,88 ± 0,12	25,76 ± 1,23	1,73 ± 0,07
	Cevherli	5,02 ± 0,05	4,62 ± 0,02	4,8 ± 0,06	8,25 ± 0,41	6,47 ± 0,25	4,50 ± 0,42	0,52 ± 0,03
Yanıkçam	Cevhersiz	7,14 ± 0,20	6,32 ± 0,22	5,33 ± 0,30	11,06 ± 0,21	10,82 ± 0,42	17,06 ± 0,82	1,46 ± 0,04
	Cevherli	6,25 ± 0,21	5,38 ± 0,13	5,92 ± 0,24	4,33 ± 0,16	3,83 ± 0,17	1,38 ± 0,26	0,36 ± 0,00
Bozluk	Cevhersiz	9,24 ± 0,15	8,32 ± 0,29	7,44 ± 0,31	11,84 ± 0,54	14,34 ± 0,41	18,26 ± 0,63	1,61 ± 0,04
	Cevherli	7,36 ± 0,18	9,13 ± 0,24	9,67 ± 0,26	6,35 ± 0,24	8,12 ± 0,32	11,44 ± 0,64	1,19 ± 0,05
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> İlaveli Kızılyüksek	Cevhersiz	6,98 ± 0,24	6,22 ± 0,41	5,98 ± 0,55	10,05 ± 0,41	8,78 ± 0,19	13,38 ± 0,59	1,05 ± 0,05
	Cevherli	8,95 ± 0,11	6,04 ± 0,32	12,01 ± 0,55	8,52 ± 0,34	7,12 ± 0,24	3,58 ± 0,60	0,87 ± 0,04
Yanıkçam	Cevhersiz	11,21 ± 0,25	10,08 ± 0,52	15,42 ± 0,65	6,48 ± 0,30	5,66 ± 0,18	6,58 ± 0,51	1,44 ± 0,04
	Cevherli	5,35 ± 0,20	8,14 ± 0,11	7,08 ± 0,12	8,71 ± 0,12	6,28 ± 0,24	3,69 ± 0,31	0,53 ± 0,02

Karbon içeriği en yüksek cevherli Yanıkçam (% 2.63), en düşük ise Yanıkçam cevhersiz topraklarında (% 1.34) gözlenmiş olup aralarındaki fark anlamlıdır ( $P < 0.001$ ). Tüm toprakların azot içerikleri ise 0.15-0.20 arasında olup cevherli topraklarda daha yüksek bulunmuştur. C/N oranları ise 8.74-12.92 arasındadır (Çizelge 2).

Toplam Cr içeriği en yüksek Yanıkçam cevherli topraklarında (309.59 mg kg<sup>-1</sup>), en düşük ise Bozluk cevhersiz topraklarında (205.51 mg kg<sup>-1</sup>) saptanmış olup aralarında anlamlı fark bulunmuştur ( $P < 0.001$ ) (Çizelge 2).

Her üç alanın krom ilave edilmeyen topraklarının ilk 11. günlük sonuçlarına göre en yüksek NH<sub>4</sub>-N (9.20 mg kg<sup>-1</sup>) ve NO<sub>3</sub>-N (14.76 mg kg<sup>-1</sup>) üretimi cevhersiz Kızılyüksek toprağında gözlenmiştir. 26. günde en yüksek amonifikasyon (8.78 mg kg<sup>-1</sup>), en yüksek nitrifikasyon cevhersiz Kızılyüksek (20.88 mg kg<sup>-1</sup>) topraklarında gerçekleşmiştir. Aktif vejetasyona denk gelen 42. gün sonuçları incelendiğinde en yüksek NH<sub>4</sub>-N üretimi cevhersiz Bozluk toprağında (6.63 mg kg<sup>-1</sup>), en yüksek NO<sub>3</sub>-N üretimi ise cevhersiz Kızılyüksek (25.76 mg kg<sup>-1</sup>) toprağında meydana gelmiştir (Çizelge 3).

In vitro olarak K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ilave edilen her üç lokasyon topraklarının 11., 26. ve 42. günleri arasında en yüksek NH<sub>4</sub>-N içeriği cevhersiz Yanıkçam (sırasıyla 11.21, 10.08 ve 15.42 mg kg<sup>-1</sup>) topraklarında olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). 11., 26. ve

42. günleri arasında en yüksek nitrifikasyon ise cevhersiz Bozluk (11.84, 14.34 ve 18.26 mg kg<sup>-1</sup>) topraklarında gerçekleşmiştir (Çizelge 3).

Toprakların azot mineralizasyon oranları kıyaslandığında, hem lokasyon hem de cevherli ve cevhersiz topraklardan kaynaklanan anlamlı farklar ortaya çıkmıştır (Tablo 2). Her üç lokasyonda da Cr ilave edilen ve edilmeyen cevhersiz toprakların azot mineralizasyon oranları, cevherli topraklardan daha yüksek bulunmuştur. En yüksek mineralleşme oranı K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ilave edilmeyen cevhersiz Kızılyüksek toprağında (% 1.73), en düşük ise yine ilavesiz cevherli Yanıkçam (% 0.36) toprağında gözlenmiştir.

Toprak tipi, anamateryalin kökeni, organik maddenin kalitesi (C/N oranı, lignin içeriği) ve toprağın ağır metal içeriği gibi ortam koşulları biyokimyasal bir süreç olan azot mineralizasyonunu etkilemektedir (Ünver, 2007). Krom içeriklerine göre mineralizasyon oranları değerlendirildiğinde en yüksek krom (309.59 mg kg<sup>-1</sup> Cr da % 0.36) miktarına sahip toprağın azot mineralizasyonu ile en düşük oran (205.51 mg kg<sup>-1</sup> Cr da % 1.61) arasında 4.47 kat fazlalık bulunmaktadır. Krom miktarı azaldıkça azot mineralizasyon oranının arttığını söylemek mümkündür. Tüm topraklar arasında en düşük azot mineralizasyon oranı cevherli Yanıkçam toprağında saptanmış olup, bu durum toprağın yüksek Cr içeriği (309.59 mg kg<sup>-1</sup>) ile açıklanabilir. Bu lokasyondaki Cr konsantrasyonunun topraktaki amonyak ve nitrat

bakterilerinin faaliyetlerini inhibe edici bir etkiye neden olduğu anlaşılmaktadır. Krom ilavesinin cevhersiz topraklarda azot mineralizasyon oranlarını çok olumsuz etkilemediği, buna karşılık cevherli topraklarda arttırdığı gözlenmektedir. Aslında burada krom kaynağı olarak toprağa karıştırılan  $K_2Cr_2O_7$ 'nin içerdiği bol oksijenin  $NO_3$  oluşumunu arttırarak azot mineralizasyon oranlarının yüksek çıkmasına neden olduğu, hatta bu topraklara adapte olmuş mikroorganizmaların krom varlığına özel bir tolerans geliştirdiği de düşünülebilir. Buna benzer olarak Walpole ve ark. (2011)'da, Cd ilave edilmiş toprakların azot mineralizasyonunu kontrol toprağına göre daha düşük bulmuşlardır.

Bu çalışma sonucuna göre Kızılyüksek ve Yanıkçam topraklarındaki mikroorganizmaların kroma daha hassas olduklarını söylemek mümkündür. Dotaniya ve ark. (2017)'da yaptıkları çalışmada artan Cr dozlarının mikroorganizma ve enzim faaliyetini düşürdüğünü saptamıştır. Hem  $K_2Cr_2O_7$  ilaveli, hem de ilavesiz Bozluk topraklarında mineralizasyon oranları birbirine yakın bulunmuştur. Buna göre 205, 51 (Bozluk-Cevhersiz) ve 229, 17 (Bozluk-Cevherli) mg  $kg^{-1}$  lik Cr içeriklerinin bu bölge toprağı için çok olumsuz etki yapmadığı gözlenmiştir.

Mikroorganizma ve ağır metal ilişkisini etkileyen en önemli parametreler toprak pH'sı, kilin kalitesi ve miktarı, metal iyonları ve inorganik bileşiklerdir (Nwuche ve Ugoji, 2008). Toprak pH'ı topraktaki metallerin çözünürlüğü, kullanılabilirliği ve toksisitesini büyük ölçüde etkilemektedir (Baath ve Arnebrant, 1994; Martyn ve Skwaryło-Bednarz 2005). Wang ve ark. (2007) asidik karakterli topraklarda çok düşük metal konsantrasyonlarının bile toprak mikroorganizmalarını olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir.

Dünya topraklarının 5-3000 mg  $kg^{-1}$  arasında Cr içerdiği bilinmektedir (Allaway, 1968). Bu çalışma topraklarının Cr içerikleri düşük bulunmuş olup bu topraklarda yaşayan mikroorganizmaların özel bir mekanizma geliştirerek doğal dengeyi sağlayıp korudukları sonucuna varılabilir.

## SONUÇLAR

Araştırma sonuçlarına göre krom varlığının toprak özelliklerine bağlı olarak toprak dengesini olumsuz yönde etkilediği ve bu etkinin toprak mikroorganizmaları tarafından tolere edilebildiğini

söylemek mümkündür. Bu doğrultuda azot mineralizasyonunun topraktaki ağır metal kirliliğinde bir gösterge olabileceği söylenebilir.

## KAYNAKLAR

Ahmad I, Hayat S, Ahmad A, Inam A, Samiullah I (2005). Effect of heavy metal on survival of certain groups of indigenous soil microbial population. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 9: 115-121.

Alcântara M K, Neto V A, Camargo O A, Cantarella H (2007). Nitrogen mineralization in soils treated with tannery sludge. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 547-555

Allaway W H (1968). Agronomic control over the environmental cycling of trace elements. *Advances in Agronomy*, 20: 235-274.

Allison L E, Moodie C D (1965). Carbonate. In: C.A. Black et al (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy, Am. Soc. Of Agron., Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.* 9: 1379-1400.

Apte A D, Tare V, Bose P (2006). Extent of oxidation of Cr(III) to Cr(VI) under various conditions pertaining to natural environment. *Journal of Hazardous Materials*, 164-174.

Baath E, Arnebrant K (1994). Growth-rate and response of bacterial communities to pH in limed and ash treated forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 26: 995-1001.

Bouyoucos G S (1951). A recalibration of the hydrometer for mohing mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.

Chaudhary A M, MacGrath S P, Knight B P, Johnson D L, Jones K C (1996). Toxicity of organic compounds to the indigenous population of *R. leguminosorum* bv. *trifolii* in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 28: 1483-1487.

Demiralay İ (1993). *Toprak Fiziksel Analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, sf: 78-89, Erzurum.

Dotaniya M L, Rajendiran S, Meena V D, Saha J K, Vassanda Coumar M, Kundu S, Patra A K (2017). Influence of chromium contamination on carbon mineralization and enzymatic activities in vertisol. *Agricultural Research*, 6: 91-96.

Duchaufour P (1970). *Precis de Pedologie*. Masson et C1e, Editeurs, p: 435-437, Paris.

Friedlova M (2010). The influence of heavy metals on soil biological and chemical properties. *Soil and Water Research*, 5(1):21-27

Gökçeoğlu M (1979). Bazı bitki organlarındaki azot, fosfor ve potasyumun bir vejetasyon periyodundaki değişimi. *Doğa Tarım ve Ormanlık*, 3: 192-199.

Jackson M L (1958). *Soil Chemical Analysis*. Pretice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, p: 1-498, New Jersey, U.S.A.

Kebir T, Bouhadjera K (2011). Effects of heavy metals pollution in soil and plant in the industrial area, West Algeria. *Journal of the Korean Chemical Society*, 55 (6): 1018-1023.

Lemee G (1967). Investigations sur la mineralisation de l'azote et son evolution annuelle dans des humus forestiers in situ. *Ecologie Plant*, 2: 285-324.

Lenart A, Wolny-Koładka K (2013). The effect of heavy

metal concentration and soil pH on the abundance of selected microbial groups within arcelorMittal poland steelworks in Cracow. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 90(1): 85-90.

Martyn W, Skwaryło-Bednarz B (2005). Biological properties of light soils in the area of Roztocze National Park. *Acta Agrophysica*, 5: 695-704.

Nwuche C O, Ugoji E O (2008). Effects of heavy metal pollution on the soil microbial activity. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 5: 409-414.

Obbard J P (2001). Ecotoxicological assessment of heavy metals in sewage sludge amended soils. *Applied Geochemistry*, 16: 1405-1411.

Reisenauer H M (1982). Chromium, in A. L. Page et al. (eds), *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed., Agron. Monogr. Vol. 9, ASA and SSSA, Madison, WI, U.S.A., 337-346.

Sani R K, Peyton B M, Jadhya M (2003). Toxicity of lead in aqueous medium to *Desulfovibrio desulfuricans* G20. *Environmental Toxicology*, 22 (2): 252-260.

Tecimen H B, Sevgi O (2008). Orman topraklarında mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen azot dönüşümleri. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, cilt.A: 179-189.

Utgikar V P, Chaudhary N, Koeniger A, Tabak H H, Haines J R, Govind R (2004). Toxicity of metals and metal mixtures: Analysis of concentration and time dependence for zinc and copper. *Water Research*, 38 (17): 3651- 3658.

Ünver M C (2007). Murat dağı (Uşak, Kütahya) alpin ve subalpin bölgesinin bazı bitki topluluklarında azot dönüşümleri üzerinde araştırmalar. Uludağ Üniversitesi, Doktora Tezi, 116 s.

Walpola B C, Arunakumara K K I U, Yoon M H (2011). Evaluation of nitrogen mineralization in soil polluted by zinc and cadmium. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 44(4): 559-564.

Wang J, Lu Y, Shen G (2007). Combined effects of cadmium and butachlor on soil enzyme activities and microbial community structure. *Environmental Geology*, 51: 1221-1228.