

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

İşlenen ve İşlenmeyen Arazilerde Bazı Ağır Metallerin Toprak Profili Boyunca Değişiminin Değerlendirilmesi

Yasin DEMİR^{1*}, Mustafa Yıldırım CANBOLAT², Azize DOĞAN DEMİR³

¹Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl, Türkiye
²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum, Türkiye
³Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye
*e-posta: ydemir@bingol.edu.tr

Özet: Bu araştırma, işlenen ve işlenmeyen toprakların bazı ağır metal içeriklerinin toprak profil derinliğindeki değişimini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma, alüviyal ana materyal üzerinde oluşmuş 12 tanesi işlenen ve 12'si işlenmeyen arazi olmak üzere toplam 24 profilde ve 0-30, 30-60 ve 60-90 tabakalarından alınan toprak örnekleri üzerinde yapılmıştır. Toprak örneklerinde tane büyüklük dağılımı, organik madde içeriği, kireç, toprak reaksiyonu, demir, bakır çinko, nikel, kurşun ve kadmiyum analizleri yapılmıştır. Çalışmada işlenen ve işlenmeyen arazilerin analiz sonuçları ile toprak derinliğine göre analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda toprakların işlenme durumu ve toprak derinliğinin ağır metal birikimi üzerine istatistiksel anlamda herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağır Metal, Tarımsal faaliyet, Toprak derinliği

Assessment of Some Heavy Metals of Change that Processed and Unprocessed in Lands Throughout Soil Profile

Abstract: This research, that change of some heavy metal contents to evaluate that processed and unprocessed in lands was conducted to soils in depth profile. The study formed on alluvial parent material total in 24 profiles that of 12 processed and 12 unprocessed lands was conducted on soil samples taken from 0-30, 30-60 and 60-90 layers. Particle size distribution, organic matter content, lime, soil acidity, iron, copper, zinc, nickel, lead and cadmium analyzes were performed in soil samples. In study, soil analysis results of processed and unprocessed lands were compared with soil analysis results of according to soil profile depth. As a result of study, in soils that the processing conditions and soil depth were determined to no effect statistical on the accumulation of heavy metals.

Keywords: Heavy metal, Agricultural application, Soil depth

Giriş

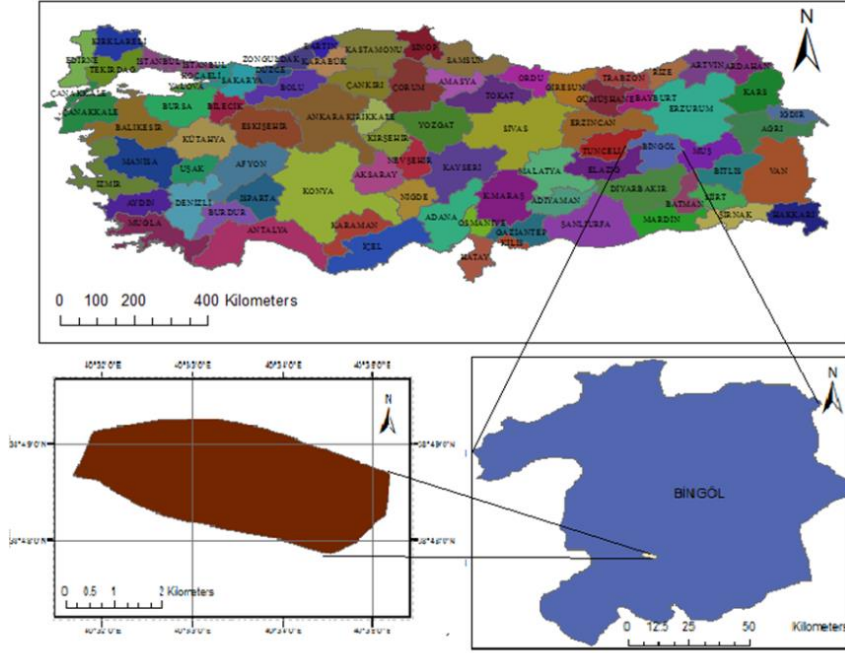
Günümüzde endüstriyel atıklar, tarımsal amaçlı gübreler, tarım ilaçları ve evsel atıkların etkisiyle toprakta, bazı elementler ve bileşikler bitkisel üretimi olumsuz etkileyecek derecede birikmektedir. Bitkisel üretimin devamlılığı, ürün ve kaliteyi arttırmak için yapılan tarımsal faaliyetlerle yakından ilgilidir. Bu faaliyetler kapsamında yapılan bazı uygulamalar, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemektedir (Kadioğlu ve Canbolat 2014).

Toprağın strüktürel yapısı, kation değişim kapasitesi (KDK), pH ve organik madde içeriği kirletici maddelerin toprakta tutulmasında etkili rol oynar. Özellikle killi toprakların KDK'sı yüksek olduğundan ağır metalleri diğer topraklara oranla daha fazla tutarlar. Kil oranı ve OM kapsamı daha fazla olan topraklar ağır metalleri tutarak zor çözünebilir bileşikler oluştururlar (Bakış ve Bilgin 1998). Toprakta biriken bu elementlerin ya da bileşiklerin toprak profili boyunca değişimi yine toprakların özelliklerine ve tarımsal faaliyetlerin yoğunluğuna bağlıdır. Metallerin toprak profilindeki dağılımı hava kirliliği, toprak genesis ve antropojenik kirliliğin bir göstergesidir (Wilcke ve ark. 2000).

Bu çalışmada bitkisel üretim amacıyla işlenen tarım arazileri ve uzun yıllar boyunca herhangi bir tarımsal faaliyetin yapılmadığı alanlarda toprakların ağır metal içeriklerinin toprak derinliğindeki değişimi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Bingöl ilinin güneyinde yaklaşık 845 ha'lık bir alanda yürütülmüştür (Şekil 1). Alüvyal anamateryal üzerinde oluşmuş araştırma alanında arazi gözlemleri ve güncel arazi kullanım haritası yardımıyla işlenen ve işlenmeyen alanlar belirlenmiştir. Araştırma materyalini işlenen ve işlenmeyen alanlarda açılan 24 toprak profilinden 0-30, 30-60 ve 60-90 cm katmanlarından alınan toprak örnekleri oluşturmuştur.



Şekil 1. Araştırma alanı lokasyonu

Araştırma alanında açılan toprak profillerinden alınan toprak numuneleri laboratuvara getirilerek oda koşullarında kurutma ve eleme işleminden sonra analize hazır hale getirilmiştir. Toprakların mekanik analizi Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Demiralay 1993), pH'ları 1:2.5'lük toprak su karışımı olarak (Horneck ve ark 1989), organik madde içerikleri Walkley–Black yöntemiyle (Van Reeuwijk 1986), kireç içerikleri "Scheibler Kalsimetre" yöntemiyle (Hızalan ve Ünal 1966), kation değişim kapasiteleri sodyum asetat yöntemiyle (Sağlam 1994), toprakların yarıyıllık ağır metal içerikleri DTPA yöntemiyle (Kacar 1995) belirlenmiştir. İşlenen ve işlenmeyen alanlarda toprak profilindeki ağır metal içeriklerinin değerlendirilmesinde SPSS 18.0 istatistik programından yararlanılmıştır. Değişkenlerin birlikte değişimlerinin bir ölçüsünün belirlenmesinde korelasyon, konular arasında anlamlılık testi için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır (Efe ve ark 2000).

Bulgular ve Tartışma

Toprak örneklerinin tane dağılım, organik madde miktarı, pH ve kireç içeriklerine ilişkin tanımlayıcı istatistik değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi 0-30 cm derinlikten alınan toprak numunelerinde kil içeriği işlenen alanlarda ortalama %33.58, işlenmeyen alanlarda ise %28.37 olarak belirlenmiştir. Kum içeriği ortalama olarak işlenmeyen alanlarda daha fazla bulunmuştur. Toprakların ortalama organik madde miktarı, kireç içeriği ve pH değerlerinin bu alanlarda birbirine yakın olduğu saptanmıştır. Toprakların ortalama kil içeriği 30-60 ve 60-90 cm katmanlarında da işlenen arazilerde daha fazla bulunmuştur. Bu katmanlarda toprakların ortalama organik madde içeriği ve pH'ları işlenen ve işlenmeyen alanlarda benzer oranlarda tespit

edilirken, ortalama kireç miktarı işlenen alanlarda %1.13 ve işlenmeyen alanlarda %0.64 olarak saptanmıştır. Diğer yandan toprakların ortalama organik madde içeriğinin her iki arazi türünde derinliğin artmasıyla azaldığı görülürken, kireç içeriği ve pH'nın arttığı gözlemlenmiştir.

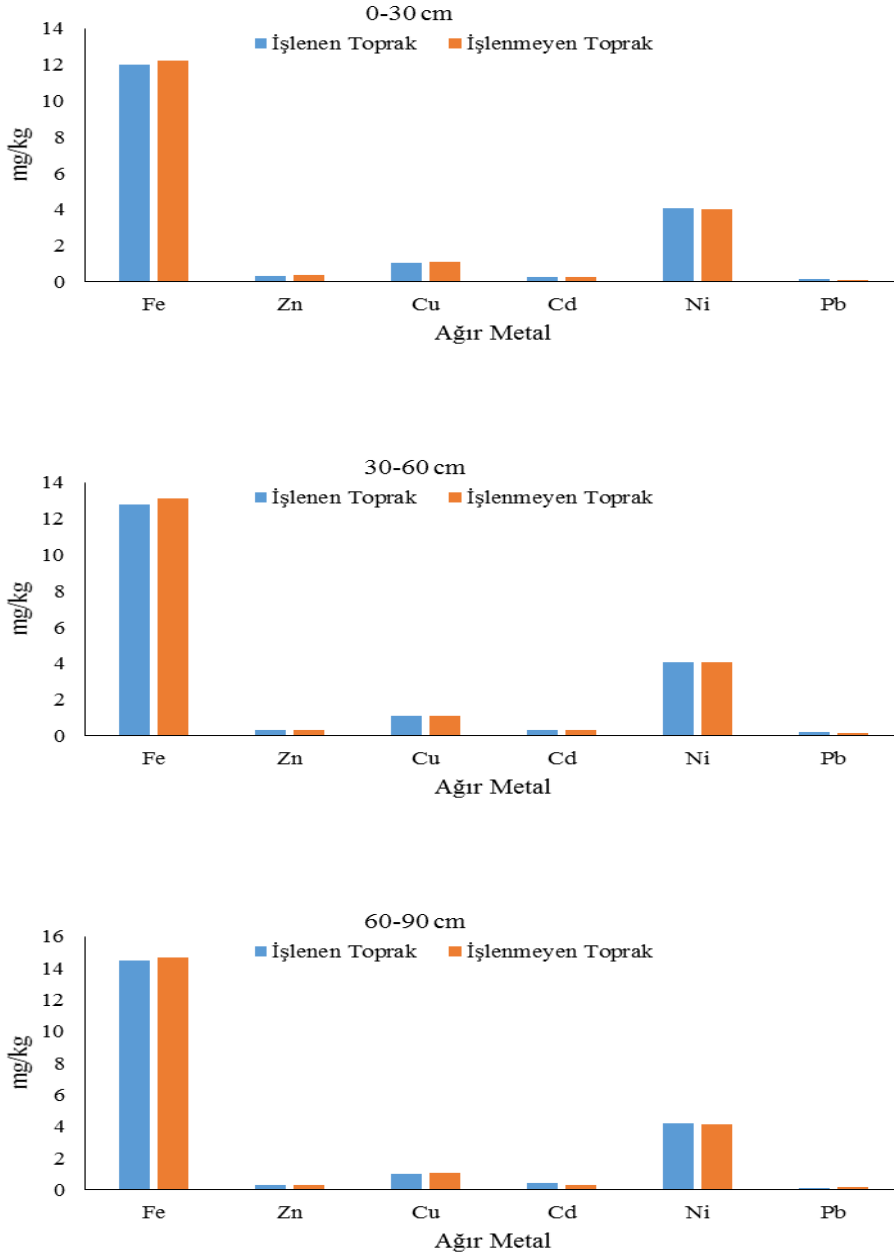
Çizelge 1. İşlenen ve işlenmeyen alanlarda 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklere ait bazı toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik değerleri

Değişkenler	Birim	Min.		Max.		Ortalama		Std.Sapma		Varyans	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0-30											
Kil	%	21,00	17,40	48,00	40,00	33,58	28,37	9,94	7,23	98,81	52,34
Silt	%	9,00	17,00	38,00	35,00	25,67	26,32	8,33	5,53	69,33	30,60
Kum	%	24,00	28,00	51,00	58,00	40,75	45,32	9,34	10,39	87,30	108,00
OM	%	1,20	1,10	2,47	2,78	1,80	1,99	0,46	0,61	0,21	0,37
Kireç	%	0,08	0,08	0,67	0,67	0,27	0,21	0,22	0,19	0,05	0,04
pH		6,79	6,83	7,22	7,47	6,99	7,05	0,16	0,18	0,03	0,03
30-60											
Kil	%	20,00	12,00	50,00	51,00	36,50	29,92	9,22	10,12	85,00	102,45
Silt	%	16,00	15,00	30,00	32,00	23,91	22,33	4,84	5,31	23,41	28,24
Kum	%	25,50	21,00	61,00	68,00	39,43	47,75	9,31	12,84	86,62	164,75
OM	%	0,68	0,74	2,03	1,99	1,24	1,25	0,37	0,43	0,14	0,19
Kireç	%	0,08	0,04	1,83	2,16	0,38	0,37	0,50	0,59	0,25	0,35
pH		6,79	6,57	7,19	8,09	7,01	7,05	0,11	0,40	0,01	0,16
60-90											
Kil	%	12,00	8,00	54,00	44,00	32,54	25,08	13,09	9,77	171,43	95,36
Silt	%	14,00	5,00	35,00	27,00	23,78	17,54	5,36	7,02	28,78	49,34
Kum	%	17,00	36,00	74,00	87,00	43,68	57,38	15,87	15,58	251,78	242,78
OM	%	0,39	0,35	1,95	1,32	0,94	0,90	0,40	0,31	0,16	0,10
Kireç	%	0,08	0,08	4,91	2,58	1,13	0,64	1,45	0,83	2,12	0,68
pH		6,80	6,37	8,02	7,89	7,30	7,18	0,39	0,42	0,15	0,18

Çizelge 2. Toprakların ağır metal içeriklerinin tanımlayıcı istatistik verileri (A: İşlenen tarım arazileri, B: İşlenmeyen tarım arazileri)

Değişkenler	Birim	Min.		Max.		Ortalama		Std.Sapma		Varyans	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0-30 cm											
Fe	mg kg ⁻¹	7.53	7.58	20.05	20.28	12.00	12.25	3.64	4.65	13.27	21.62
Zn	mg kg ⁻¹	0.19	0.19	0.62	0.56	0.34	0.38	0.11	0.10	0.01	0.01
Cu	mg kg ⁻¹	0.46	0.56	1.79	1.68	1.08	1.12	0.49	0.42	0.24	0.18
Cd	mg kg ⁻¹	0.19	0.15	0.51	0.67	0.29	0.28	0.10	0.13	0.01	0.02
Ni	mg kg ⁻¹	3.40	2.46	4.84	4.76	4.09	3.99	0.43	0.63	0.19	0.40
Pb	mg kg ⁻¹	0.04	0.06	0.39	0.22	0.17	0.13	0.11	0.06	0.01	0.00
30-60 cm											
Fe	mg kg ⁻¹	6.06	7.60	19.35	19.86	12.76	13.09	4.17	3.98	17.40	15.87
Zn	mg kg ⁻¹	0.23	0.12	0.67	0.49	0.34	0.33	0.12	0.10	0.01	0.01
Cu	mg kg ⁻¹	0.62	0.53	1.72	1.80	1.11	1.09	0.43	0.44	0.18	0.20
Cd	mg kg ⁻¹	0.21	0.23	0.60	0.71	0.33	0.31	0.13	0.14	0.02	0.02
Ni	mg kg ⁻¹	3.63	3.65	4.58	4.69	4.07	4.08	0.31	0.32	0.10	0.10
Pb	mg kg ⁻¹	0.06	0.06	0.53	0.34	0.20	0.17	0.16	0.09	0.03	0.01
60-90 cm											
Fe	mg kg ⁻¹	8.93	8.07	18.10	21.73	14.51	14.68	3.00	4.95	9.00	24.54
Zn	mg kg ⁻¹	0.19	0.19	0.50	0.53	0.30	0.33	0.10	0.11	0.01	0.01
Cu	mg kg ⁻¹	0.68	0.64	1.60	1.63	1.04	1.05	0.35	0.38	0.12	0.14
Cd	mg kg ⁻¹	0.21	0.21	0.78	0.74	0.41	0.30	0.20	0.14	0.04	0.02
Ni	mg kg ⁻¹	3.73	3.69	4.78	4.69	4.22	4.14	0.38	0.27	0.15	0.07
Pb	mg kg ⁻¹	0.06	0.06	0.27	0.27	0.15	0.16	0.08	0.08	0.01	0.01

Toprak örneklerinin bazı yaygın ağır metal içeriklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri Çizelge 2’de, ve bu elementlerin ortalama değerlerinin grafiksel görünümü Şekil 2’de verilmiştir. Toprak profillerinde üç derinlikten alınan örneklerde işlenen ve işlenmeyen alanların ortalama ağır metal içeriklerinde dikkat çekici bir farkın olmadığı gözlenmiştir. Bu durum toprak katmanları arasındaki değerler için de geçerlidir.



Şekil 2. İşlenen ve işlenmeyen alanlarda toprak ağır metal içeriklerinin değişimi

Örnekleme yapıldığı alanlar ve örnekleme derinliğinin analiz sonuçları ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı ile ilgili yapılan tek yönlü varyans analiz sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir.

Yapılan analiz sonucunda toprakların profil derinliğinin ağır metal içeriğine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı, aynı şekilde örnekleme alanının toprakların ağır metal içeriğine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Topraklarda ağır metal birikimi ve buna neden olan faktörlerle ilgili yapılan birçok çalışmada endüstriyel atıklar, tarımsal faaliyetler ve trafik kaynaklı gaz salınımlarının

toprak kirliliğine neden olduğu bildirilmektedir (Sönmez ve ark. 2008; Kara ve ark. 2016; Köleli ve Kantar 2006). Ancak Çizelge 3'ten de anlaşılacağı gibi gruplar arasında herhangi bir anlamlılık tespit edilmemiştir. Bu durum araştırma alanında özellikle gübreleme ve ilaçlama gibi tarımsal faaliyetlerin az yapıldığı, yine bölgede endüstriyel faaliyetlerin neredeyse hiç olmaması ile açıklanabilir. İşlenen alanlarda topraklarda ağır metal birikimi yaratmayacak kadar gübreleme ve ilaçlamanın az yapılması ağır metal içeriklerinin işlenmeyen alanlarla çok yakın oranlarda çıkmasına neden olduğu söylenebilir. Topbaş ve Brohi (1998) toprağa çok fazla uygulanan fosforlu gübrenin toprakta Fe ve Zn birikimini dolaylı olarak artırdığını, Köleli ve Kantar (2006) suni gübrelerin büyük bir çoğunluğunun Cd içeriğinin normal sınır değerlerden yaklaşık 2.5 kat daha fazla olduğunu rapor etmiştir. Yine bazı araştırmacılara göre kompoze gübrenin Pb içeriğinin sınır değerden 5 kat daha fazla olduğu bildirilmektedir (Sönmez ve ark. 2008; Köleli ve Kantar 2006).

Çizelge 3. İşlenen-işlenmeyen alan ve derinliğe göre toprak ağır metal içeriğinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Fe					Cd					
	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	P	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	P	
Derinlik	76.18	2	38.09	2.247	0.114	0.06	2	0.03	1.477	0.236	
Alan	1.133	1	1.133	0.067	0.797	0.032	1	0.032	1.574	0.214	
Derinlik*alan	0.086	2	0.043	0.003	0.997	0.033	2	0.016	0.808	0.45	
Hata	1118.696	66	16.95			1.346	66	0.02			
Toplam	13774.396	72				8.934	72				
			Zn			Ni					
Derinlik	0.025	2	0.013	1.116	0.334	0.252	2	0.126	0.753	0.475	
Alan	0.007	1	0.007	0.625	0.432	0.059	1	0.059	0.352	0.555	
Derinlik*alan	0.009	2	0.005	0.404	0.669	0.039	2	0.02	0.118	0.889	
Hata	0.739	66	0.011			11.038	66	0.167			
Toplam	9.016	72				1222.365	72				
			Cu			Pb					
Derinlik	0.054	2	0.027	0.152	0.86	0.01	1	0.01	0.962	0.33	
Alan	0.001	1	0.001	0.008	0.929	0.019	2	0.01	0.899	0.412	
Derinlik*alan	0.011	2	0.005	0.031	0.97	0.008	2	0.004	0.358	0.701	
Hata	11.703	66	0.177			0.705	66	0.011			
Toplam	96.052	72				2.676	72				

Topraklarda insanların tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerinden kaynaklı herhangi bir ağır metal birikiminin olmamasına paralel olarak toprak derinliği ile ağır metal içerikleri arasında herhangi bir anlamlılık saptanmamıştır. Bunun sonucu olarak, gübrelemenin bölgede yoğun olarak yapılmadığı söylenebilir. Gübre tüketiminin gelişmiş ülkelerde 200 kg ha⁻¹ dünya genelinde 116 kg ha⁻¹, Türkiye genelinde 95 kg ha⁻¹ ve Bingöl ili merkez ilçesinde yaklaşık 50 kg ha⁻¹ olarak bilinmektedir (Anonim 2016a; Anonim 2016b).

Araştırma kapsamında toprakların belirlenen özellikleri arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 4 ve 5'te verilmiştir.

Çizelge 4. İşlenmeyen alanlarda bazı temel toprak özelliklerinin ağır metal içerikleri ile ilişkisi

	Kil	OM	Kireç	pH	Fe	Zn	Cu	Cd	Ni
OM	-.001								
Kireç	.225	-.294							
pH	.270	-.192	.788**						
Fe	-.093	-.293	-.008	.124					
Zn	-.044	.184	-.145	.102	.322				
Cu	.034	.093	.072	.119	.365*	.392*			
Cd	-.192	-.082	.228	.201	.299	.435**	.465**		
Ni	.219	-.088	.041	.015	.474**	.315	.742**	.222	
Pb	-.121	-.010	-.106	-.162	-.139	-.343*	-.727**	-.340*	-.371*

** : p<0.01; * : p<0.05

Çizelge 4'te görüldüğü gibi işlenmeyen alanlarda bağımsız değişkenler kil, organik madde, kireç ve pH ile toprakların ağır metal içerikleri arasında herhangi bir korelasyon saptanmamıştır. Aynı şekilde Çizelge 5'te bağımsız değişkenler ve toprakların ağır metal içerikleri arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır. Her iki çizelgedeki ağır metal içeriklerinin korelasyon matrisine bakıldığında işlenmeyen alanlarda Fe ile Cu (P<0.05), Fe ile Ni (P<0.01), Zn ile Cu (P<0.05) ve Zn ile Cd (P<0.01) arasında pozitif Zn ile Pb (P<0.05) arasında negatif ilişkiler belirlenmiştir. Yine işlenmeyen alanlarda toprakların Cu içeriği ile Cd ve Ni içeriği arasında (P<0.01) pozitif, Pb içeriği arasında (P<0.01) negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Toprakların Pb içeriği ile Ni ve Cd (P<0.05) içeriği arasında da negatif ilişkilerin olduğu saptanmıştır.

Çizelge 5. İşlenen alanlarda bazı temel toprak özelliklerinin ağır metal içerikleri ile ilişkisi

	Kil	OM	Kireç	pH	Fe	Zn	Cu	Cd	Ni
OM	.163								
Kireç	.092	-,458**							
pH	.113	-,431**	,833**						
Fe	-.225	-.248	.287	.098					
Zn	-.124	-.194	.005	-.091	.274				
Cu	.070	-.312	.095	.084	.259	,400*			
Cd	-.107	-.326	.218	.244	,422*	.148	,618**		
Ni	-.105	-.248	.119	.118	,445**	.167	,733**	,745**	
Pb	-.046	.222	-.132	-.123	-.127	-.156	-,425**	-.190	-,453**

**: $p<0.01$; *: $p<0.05$

Araştırma alanındaki işlenen arazilerden alınan toprakların Fe ile Cd (P<0.05) ve Fe ile Ni (P<0.01) içeriği arasında pozitif ilişki bulunurken, Zn ile Cu (P<0.05) arasında pozitif ilişki saptanmıştır. İşlenmeyen alanlarda olduğu gibi işlenen alanlarda da toprakların Cu içeriği ile Cd ve Ni içeriği arasında (P<0.01) pozitif, Pb içeriği arasında (P<0.01) negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde Cd ile Ni (P<0.01) arasında pozitif, Ni ile Pb (P<0.05) arasında negatif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Bir çok araştırıcı toprakların ağır metal içeriği ile OM, pH, kireç ve tane dağılımı arasında yapılan korelasyon analizlerinde benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Dragovic' ve ark 2008, çalışmalarında Zn-Cr, Zn-Cu, Zn-Ni ve Zn-Pb ağır elementleri arasında pozitif (P<0.01) önem düzeyinde ilişkilerin olduğunu rapor etmiştir. Aynı çalışmada toprakların kil içeriği ile ağır metal içerikleri arasında sadece kil-Cr arasında pozitif önemli bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir. Diğer yandan Mantave ark . (2002) ve Tume ve ark. (2006) çalışmalarında toprakların pH ve OM miktarı ile ağır metal içerikleri arasında herhangi bir ilişkinin olmadığını bildirmişlerdir.

Sonuç ve Öneriler

Toprakların işlenme durumları ile tarımsal faaliyet yoğunluğundan kaynaklı ağır metal birikiminin olup olmadığı bu çalışmada belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda bu çalışma ile toprak tabakalarında ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiştir. Araştırma sonucuna göre toprakların bazı özellikleri ve ağır metal konsantrasyonlarının arazilerin işlenip işlenmemeye durumu ve toprak derinliğine göre değiştiği ancak değişimin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Toprakların ağır metal konsantrasyonları ve bunların risk düzeyleri ile ilgili yapılan tüm çalışmalarda ağır metal birikimine neden olan tüm faktörler ele alınmış ve bunların en aza indirilmesi ile ilgili çeşitli öneriler sunulmuştur. Bu çalışmada toprakların ağır metal birikimine neden olabilecek gübreleme ve ilaçlama gibi tarımsal faaliyetlerin etkin olmaması toprakların korunması ve sürdürülebilirliği açısından önemli bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Bölgede zaten kısıtlı olan tarımsal alanların korunması ve bitkisel üretimin geliştirilmesi açısından gübreleme ve ilaçlama gibi tarımsal faaliyetlerin toprak ve bitki analiz sonuçlarına göre uzman kontrolünde yapılması toprak sağlığı açısından önemlidir.

Teşekkür

Bu araştırma da kullanılan verilerin bir kısmı Atatürk Üniversitesi Bilimsel Projeler Araştırma Birimi tarafından desteklenmiş olan (BAP 2013-396) doktora tezinden alınmıştır. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anonim (2016a). <http://www.fortuneturkey.com/gubretas-katlanarak-buyuyor-25406#popup> (Erişim Tarihi: 3 Ekim 2016)
- Anonim (2016b). http://www.kalkinma.com.tr/data/file/raporlar/esa/yuyaa/1998yuyaa/yuyaa-98-13-15_bingol.pdf (Erişim Tarihi: 3 Ekim 2016)
- Bakış R, Bilgin M (1998). Çöp Sızıntı Sularından Dolayı Topraklarda Meydana Gelen Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Kayseri 1. Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı, Kayseri, pp. 167-170.
- Demiralay İ (1993). Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları, No:143, Erzurum.
- Dragović S, Mihailović N, Gajić B (2008). Heavy metals in soils: distribution, relationship with soil characteristics and radionuclides and multivariate assessment of contamination sources. *Chemosphere*, 72 (3): 491-495.
- Efe E, Bek Y, Şahin M (2000). SPSS’te Çözümleri ile İstatistiksel Yöntemler 2, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Yayınları, 214s, Yayın No:10, Kahramanmaraş.
- Hızalan E, Ünal H (1966). Toprakta Önemli Kimyasal Analizler. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, 278: 5-7. Ankara.
- Horneck DA, Hart JM, Topper K, Koepsell B (1989). Methods of Soil Analysis Used in the Soiltesting Laboratory at Oregon State University. Sm 89:4 Agric. Expt. Sta., 21 Pgs. Osu, Corvallis, Or.
- Kacar B (1995). Toprak Analizleri. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğit. Araş. ve Geliş. Vakfı Yayınları No: 3, Ankara.
- Kadıoğlu B, Canbolat MY (2014). Toprak kalite indeks parametrelerinin tarım ve mera alanlarında farklı topoğrafik pozisyonlara bağlı olarak değişimi. *Alınleri Ziraat Bilimler Dergisi*, 26 (1): 1-8.
- Kara EE, Taciroğlu B, Tufan SAK (2016). Toprakta ağır metal gideriminde solucanların kullanımı. *KSU Journal of Natural Sciences*, 19 (2): 201-207.
- Köleli N, Kantar Ç (2006). Fosforlu gübrelerde ağır metal tehlikesi. *Ekoloji Dergisi*, 9: 1-5.
- Manta DS, Angelone M, Bellanca A, Neri R, Sprovieri M (2002). Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. *Sci. Total Environ.* 30: 229–243.
- Sağlam MT (1994). Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın, No:189, Tekirdağ.
- Sönmez İ, Kaplan M, Sönmez S (2008). Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Derim*, 25 (2): 24-34.
- Topbaş MT, Brohi AR, Karaman MR (1998). Çevre Kirliliği. T.C Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Tume P, Bech J, Longan L, Tume L, Reverter F, Sepulveda B (2006). Trace elements in natural surface soils in Sant Climent (Catalonia, Spain). *Ecol. Eng.* 27: 145–152.
- Van Reeuwijk LP (1986). Procedures for Soil Analysis. Technical Paper 9 of the International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), p. 106, Wageningen, The Netherlands.
- Wilcke W, Kretzschmar S, Bundt M, Saborío G, Zech W (2000). Depth distribution of aluminum and heavy metals in soils of Costa Rican coffee cultivation areas. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163 (5): 499-502