

İpsala İlçesi (Edirne) Toprak ve Pirinç Kalitesinin Bazı Esansiyel ve Toksik Element Birikimleri Açısından Değerlendirilmesi

Hayati ARDA¹ İpek ATILGAN HELVACIOĞLU² Çiler MERİÇ¹ Cem TOKATLI^{2*}

¹ Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, EDİRNE

² Trakya Üniversitesi, İpsala Meslek Yüksek Okulu, Laboratuvar Teknolojisi Programı, EDİRNE

*Sorumlu yazar
e-posta: tokatlicem@gmail.com

Geliş Tarihi: Ocak 11, 2015
Kabul Tarihi: Mart 06, 2015

Özet

Bu çalışmada, 2012 yılı ilkbahar mevsiminde, İpsala İlçesi ve bağlı köylerinden, bölgenin toprak ve çeltik kalitesini en iyi yansıtaacağı düşünülen toplam 42 istasyondan örnekler toplanmış ve mangan, demir, kadmiyum, kurşun, krom, bakır, çinko ve nikel içerikleri tespit edilmiştir. Pirinçlerde tespit edilen toksik elementlerin biyoakümülyasyon faktörleri (BAF) her bir element ve istasyon için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen veriler "Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" ve "Türk Gıda Kodeksi" tebliğine göre değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen verilerin daha kapsamlı ve sofistike bir şekilde değerlendirilebilmesi için "Kümeleme Analizi" ve "Pearson Korelasyon İndeksi" kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre, pirinçteki en yüksek BAF değerlerinin nikel, bakır ve çinko elementlerine ait olduğu, İpsala Bölgesi topraklarında belirlenen nikel konsantrasyonlarının sınır değerlerin oldukça üzerinde olduğu ve pirinçteki ağır metal biyoakümülyasyon seviyelerinin ise sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İpsala İlçesi, Toprak Kalitesi, Çeltik Kalitesi, İstatistik Değerlendirme

Assessment of Soil and Rice Quality of Ipsala District (Edirne) in Terms of Some Essential and Toxic Element Accumulations

Abstract

This study was carried out to determine the soil and rice quality of Ipsala District. Soil and rice samples were collected from 42 stations in spring season of 2012. Manganese (Mn), iron (Fe), cadmium (Cd), lead (Pb), chromium (Cr), copper (Cu), zinc (Zn) and nickel (Ni) concentrations were determined and "Cluster Analysis" and "Pearson Correlation Index" were applied to detected data. Also Bioaccumulation Factors (BAF) of rices were calculated for all investigated stations. All the detected data were evaluated according to "Soil Pollution Control Regulation" and "Turkish Food Codex". According to data observed, the highest BAF values of rices were recorded for nickel, copper and zinc elements, soil quality of Ipsala District did not pose any risk except nickel detected in some stations and heavy metal contents of rice produced in Ipsala District did not exceed the limit values specified by "Turkish Food Codex".

Key Words: Ipsala District, Soil Quality, Rice Quality, Statistical Evaluation

GİRİŞ

Oryza sativa L., Poaceae familyasının *Poaideae* alt familyasına ait *Oryzaceae* oymağına dahil tek yıllık bir tarım bitkisidir. Çeltik (*O. sativa*), dünyada 53' kuzey 35' güney enlemleri arasında Antarktika hariç her kıtada yetiştirilmektedir. Fakat en yüksek verim, Ülkemizin de içinde bulunduğu ılıman iklim kuşağında alınmaktadır. Ülkemizin dünya çeltik üretiminden aldığı pay yılda yaklaşık 450.000 ton ile %0,07'dir. Türkiye çeltik verimi bakımından dünya ortalamasının çok üzerinde olmasına rağmen üretim tüketimini karşılamaya yetmemekte ve ihtiyacın %20 - 25'i Amerika Bileşik Devletleri, İtalya, Mısır, Pakistan ve Avustralya'dan pirinç ithali yoluna gidilmektedir [1].

Ülkemizde 31 ilde çeltik üretimi yapılmakla birlikte, çeltik üretiminde Edirne birinci sırada yer almaktadır. Edirne ili içinde İpsala ilçesi çeltik üretiminde başı çekmekte ve Türkiye'de üretilen çeltiklerin %35'i İpsala ilçesinde üretilmektedir. Bununla birlikte İpsala çeltik üreticilerinin üretimle ilgili sorunları bulunmaktadır. Yabancı ot ve hastalık mücadelesi, gübre ve yakıt maliyetlerinin yüksek oluşu ve ithal pirinç fiyatlarının düşük oluşu bunlardan bazılarıdır [1].

Ağır metaller, özellikle endüstriyel atıklar, fosil yakıtlar, bazı pestisitler, kimyasal gübreler ve evsel atıklar içerisinde bulunan ve sucul - karasal tüm ekosistemleri kirleten önemli inorganik faktörlerdir. Deşarj edildikleri ortamda uzun süre kalabilmeleri, canlılarda toksik etkiler meydana getirmeleri ve besin zincirinde akümüle olarak insan sağlığını tehdit etmeleri nedeniyle büyük risk teşkil ederler [2]. Tarım arazilerinde verimi artırmak amacıyla kullanılan fosforlu ve kompoze gübrelerin ve pestisitlerin toprağa aşırı ve bilinçsiz bir şekilde uygulanması, toprakta toksik metal konsantrasyonlarını artırmaktadır. Bu metallerin tarım bitkileri tarafından alınarak besin zincirine dahil edilmesi, ya da topraktan yıkanarak yüzey ve yeraltı su kaynaklarına ulaşması, çok büyük bir çevresel tehlike olarak değerlendirilmektedir [3]. Ülkemizde yapılan bir araştırmaya göre, tarım topraklarında verimi artırmak amacıyla ithal edilen fosforlu ve kompoze gübrelerin kadmiyum, kurşun ve arsenik içeriklerinin izin verilen maksimum değerlerin çok üzerinde olduğu tespit ortaya konmuştur [4].

Trakya Bölgesi, sahip olduğu toprak ve su kaynakları ile Türkiye'nin önemli tarım bölgelerinden birisidir. Ergene nehri, uluslararası su niteliğinde olan Meriç Nehrinin de en önemli koludur. Bu havzada birçok sanayi kuruluşu atık

sularını arıtmadan, Ergene Nehrine ve kollarına deşarj etmektedir. Ergene nehri ve İpsala ilçesinin sınırları içinde birleştiği Meriç nehri tarım arazilerinin sulanmasında kullanılmaktadır. Bu bölgede yetiştirilen çeltiklerde ve toprakta ağır metal birikiminin varlığı ya da yokluğunun bilimsel analizlerle ortaya konulması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, önemli tarımsal potansiyele sahip, ülkemizin en yoğun çeltik üretiminin gerçekleştiği bölgelerden biri olan İpsala İlçesi'nin, çeltik ekilen tarımsal topraklarında ve çeltiklerinde ağır metal akümülyasyonlarının (mangan, demir, kadmiyum, kurşun, krom, bakır, çinko ve nikel) tespit edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı ve Örneklerin Toplanması

İpsala İlçesi tarımsal çeltik ekiminde kullanılan toprak ve çeltik kalitesinin ve ağır metal içeriklerinin tespit edilebilmesi için, bölgeyi en iyi şekilde temsil edeceğini düşündüğümüz; 4 tanesi İpsala İlçesi merkezde olmak üzere, 10 köyden toplam 42 istasyondan, 2012 yılı ilkbahar mevsiminde toprak örnekleri toplanmıştır. Örnek alınan istasyonlar Tablo 1' de, çalışma alanının ve köylerin yer aldığı harita Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Örnek alınan istasyonlar ve mevki

İst. No.	Mevki	İst. No.	Mevki
1	Karaağaç Köyü	22	İpsala Merkez
2	Karaağaç Köyü	23	İpsala Merkez
3	Tevfikiye Köyü	24	İpsala Merkez
4	Tevfikiye Köyü	25	İpsala Merkez
5	Tevfikiye Köyü	26	Paşaköy
6	Sultanköy	27	Paşaköy
7	Sultanköy	28	Paşaköy
8	Sultanköy	29	Paşaköy
9	Sultanköy	30	Paşaköy
10	Sultanköy	31	Karpuzlu Köyü
11	Balabancık Köyü	32	Karpuzlu Köyü
12	Balabancık Köyü	33	Karpuzlu Köyü
13	Balabancık Köyü	34	Karpuzlu Köyü
14	Balabancık Köyü	35	Karpuzlu Köyü
15	Sarıcaali Köyü	36	Karpuzlu Köyü
16	Sarıcaali Köyü	37	Kumdere Köyü
17	Sarıcaali Köyü	38	Kumdere Köyü
18	Sarıcaali Köyü	39	Koyuntepe Köyü
19	Turpçular Köyü	40	Koyuntepe Köyü
20	Turpçular Köyü	41	Koyuntepe Köyü
21	Turpçular Köyü	42	Koyuntepe Köyü



Şekil 1. Çalışma alanının haritası

Toprak örnekleri, örnek almaya uygun ve temiz bölgeden, küreğin toprağa 20 cm derinliğe kadar daldırılması ve alınan bu toprak olduğu gibi açılan çukurun dışına konulması, sonra küreğin tekrar açılan çukura 3 – 4 cm kalınlıkta toprak alacak şekilde 0 – 20 cm derinliğe kadar daldırılarak ve yavaşça kaldırılması ile temin edilmiştir. Alınan örnek polietilen poşet içine konarak hemen etiketlenmiştir. Çeltik örnekleri ise araziden elle toplanarak polietilen poşetler içine konarak hemen etiketlenmiştir [5].

Kimyasal Analizler

Laboratuara getirilen toprak ve çeltik örnekleri, 0,5 mm'lik elekten geçirildikten sonra etüve konarak 105 °C'de 24 saat kurutulmaya bırakılmıştır. Etüvde tamamen nemi giderilen numunelerden 0,5 g alınarak mikrodalgada nitrik asit ve perklorik asit ile sindirme işlemine tabi tutulup, organik yıkımları biten örnekler soğutulmuştur. Soğutulan örnekler santrifüjlendikten sonra filtre kağıdından süzülerek, hacimleri 100 ml'ye tamamlanıp, Trakya Üniversitesi, Teknoloji Araştırma ve Geliştirme

Merkezinde (TÜTAGEM) Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile element içerikleri saptanmıştır [6].

BULGULAR VE TARTIŞMA

Toprakta Tespit Edilen Elementler

İpsala İlçesi'nden alınan ve çeltik tarımında kullanılan toprak örneklerinde mangan, demir, kadmiyum, kurşun, krom, bakır, çinko ve nikel element konsantrasyonları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde [7] ve Kanada Tarımsal Alanlar Toprak Kalite Kriterleri'nde [8] bildirilen sınır değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Toprakta tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının nikel hariç sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir. Nikel doğada bulunan en yaygın 24. elementtir ve dünyanın çekirdeğinin yaklaşık %6'lık kısmını nikelin oluşturduğu bilinmektedir. Nikel madenleri ve nikel ya da bileşikleri işleyen endüstri kuruluşlarının atıkları ekosistemlerdeki en önemli nikel kontaminasyon kaynaklarıdır [9].

Tablo 2. Toprakta tespit edilen element konsantrasyonları

mg/kg	Mn	Fe	Cd	Pb	Cr	Cu	Zn	Ni
1	780	11815	0,305	9,65	6,85	12,2	23,55	95,25
2	525	8425	0,3	7,15	14,55	10,9	22,9	94,8
3	1085	13620	0,35	8,7	20,5	9,65	26,9	88,45
4	540	14350	0,15	12,5	15,15	10,8	28,65	76,6
5	970	3895	0,15	3,1	5,65	5,6	11,75	32,8
6	700	9195	0,125	12,55	16,95	8,6	20,65	64,2
7	675	10265	0,105	10,05	13,85	7,75	14,85	106,8
8	465	12655	0,2	13,35	18,2	6,65	18	118,1
9	680	4895	0,25	5,9	14,1	7,25	6,75	57,15
10	945	7865	0,6	10,05	11,4	8,95	10,9	74,35
11	1015	13695	0,275	30,3	6,55	15,15	76,9	60,5
12	1015	10910	0,37	39,75	6,95	14,3	31,95	40,8
13	710	9150	0,14	27	3,95	12,05	21,15	66,8
14	980	10860	0,18	12,45	5,75	12,15	24,1	83,85
15	950	13940	0,31	20	16,2	11,9	24	57,2
16	945	4330	0,29	10,85	4,45	8,75	9,25	32,35
17	790	2525	0,245	10,95	7,75	10,1	7,35	30,65
18	510	4600	0,295	13,65	12,25	8,6	6,35	20,45
19	455	2130	0,305	13,3	6,05	4,35	9,85	7,15
20	450	365	0,23	0,55	9,75	2,4	8,3	3,25
21	720	2875	0,22	2,3	6,9	3,6	6,3	5,1
22	390	4290	0,315	6,25	3,55	3,65	14	24,6
23	1140	10625	0,255	14,7	15,05	10,05	33,75	60,1
24	165	2545	0,27	5,75	12,95	4,9	10,95	4,75
25	320	3530	0,26	12,65	13,85	7,15	16,85	14,65
26	750	3265	0,295	11,45	14,95	2,95	6,1	11,9
27	1045	6445	0,285	14,4	14	8,25	22,25	27,9
28	670	6340	0,34	11,2	8,75	8,7	17,5	23,7
29	800	6440	0,28	18,1	16	7,55	22,35	19
30	785	5635	0,315	11,5	10,2	6,7	18,2	15,8
31	1115	7395	0,295	16,9	15,2	10,95	28,7	20,15
32	995	6800	0,345	20,6	9,45	10,2	23,5	22,8
33	520	3355	0,325	14,5	10,55	6,25	21,55	16,9
34	220	7920	0,335	17,5	10,55	7	24,7	21,45
35	125	1235	0,28	4,8	6,85	6,95	4,4	0,25
36	395	4905	0,315	11,85	9,4	7,9	23,2	10,1
37	390	5080	0,355	16,45	10,2	10,1	23,7	19,15
38	1025	6040	0,345	24,65	12,3	11,9	26,6	30,65
39	700	12240	0,16	17,25	5,2	21,4	22,35	49,1
40	280	18970	0,31	21,55	10,95	17,1	32,05	109,5
41	685	21110	0,245	23,35	19,55	17	39,7	116
42	1215	13635	0,23	18	9,4	12,4	23,4	103,1
TKKY pH5-6	-	-	1	50	100	50	150	30
TKKY pH>6	-	-	3	300	100	140	300	75
KTKK	-	-	1,4	70	64	63	200	50

TKKY: Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

KTKK: Kanada Toprak Kirliliği Kriterleri

Özellikle İpsala İlçesi'nin kuzey kesimlerinde Ergene Nehri'ne oldukça yakın olan istasyonlarda Ni seviyelerinin sınır değerlerin oldukça üzerinde olması, bölge topraklarında tespit edilen yüksek Ni konsantrasyonlarının başlıca nedeninin, kirliliği birçok bilimsel çalışma ve araştırmacı tarafından ortaya konmuş Ergene Nehri'nden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Ayrıca evsel atık suların antropojenik nikel kontaminasyonunda major etkili bir faktör olduğu bilinmektedir [10]. İpsala İlçe merkezinde dahi henüz yapımına başlanan kanalizasyon sisteminin bölgede bulunmayışı ve evsel atıkların herhangi bir arıtıma tabi tutulmadan sisteme deşarjı, genel olarak tüm ilçe topraklarında tespit edilen yüksek nikel akümülyasyonlarını açıklamaktadır.

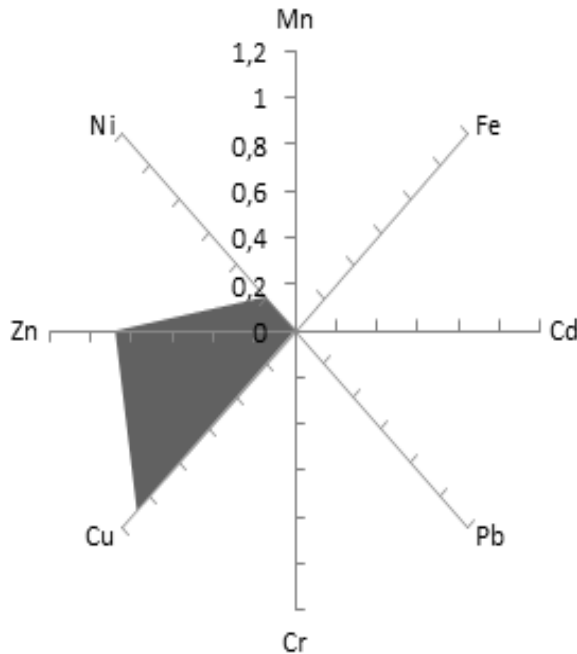
Pirinçte Tespit Edilen Elementler

İpsala İlçesi'nden alınan pirinç örneklerinde mangan, demir, kadmiyum, kurşun, krom, bakır, çinko ve nikel element konsantrasyonları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ve Türk Gıda Kodeksi'nde [11] pirinç için bildirilen sınır değerler Tablo 3'de verilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi tarafından bildirilen tebliğe göre, insan sağlığı açısından pirinçte bulunabilecek maksimum kurşun ve kadmiyum seviyeleri bildirilmiştir. Çalışmamız sonuçlarına göre, İpsala İlçesi ve köylerinden alınan çeltik örneklerinde tespit edilen ağır metal seviyelerinin sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Biyoakümülyasyon Faktörleri

Ağır metallerin topraktan çeltiğe geçişini ifade eden biyoakümülyasyon faktörleri (BAF) her bir element ve istasyon için ayrı ayrı hesaplanmış ve elde edilen sonuçların minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4'de ve ortalama BAF değerleri kullanılarak yapılan grafik ise Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Ağır metallerin ortalama BAF değerleri

Tablo 3. Pirinçte tespit edilen element konsantrasyonları

mg/kg	Mn	Fe	Cd	Pb	Cr	Cu	Zn	Ni
1	6	3,35	0,032			5,5	9,9	1,45
2	5,9	4,9	0,115			8,15	13,95	2,05
3	4	3,45	0,005			12,5	19,05	2
4	4,25	3,2	ND			8,1	13,35	2,1
5	6,25	3,05	0,015			14,8	17,3	1,95
6	3,9	1,9	0,07			6,75	10,15	0,95
7	5,1	1,4	0,025			11,05	10,3	1,6
8	5,15	1,2	ND			11,55	14,45	2,3
9	4,05	0,2	ND			12,15	10,7	0,6
10	2,35	4,55	ND			14	9,8	0,65
11	4,4	1,3	ND			10,25	14,75	1,8
12	4,9	3,5	ND			11,4	16,15	1,65
13	2,85	0,05	0,035			13,6	13,8	1,1
14	3	0,5	ND			9,3	16,4	2,05
15	6,9	0,75	ND			10,65	16,35	1
16	7,25	1,25	ND			10,1	12,7	1,5
17	12,85	5,6	ND			8,9	18,3	1,95
18	4,55	0,35	ND			7,55	12,65	2,05
19	5,3	ND	ND			6	10,15	2,1
20	5,35	0,35	0,02			4,55	13,55	1,65
21	3,95	0,45	ND	ND	ND	6,5	10,3	1,95
22	3,9	0,8	ND	ND	ND	7,8	12,15	1,55
23	3,4	ND	ND			5	13,75	1,2
24	3,4	ND	0,045			2,8	7,2	2,15
25	4,5	ND	ND			12,5	9,7	1,45
26	4,95	0,1	ND			7,5	18,55	1,2
27	8,55	4,4	ND			7,65	16,45	1,3
28	3,1	5,1	0,015			7,75	13,5	1,4
29	3,85	3,3	ND			6,9	12,7	1,45
30	7,55	3,1	0,08			7,45	13,6	1,55
31	3,2	5,7	ND			7,3	14,7	1,5
32	9,9	3,8	ND			7,15	16,4	1,05
33	3,95	3,65	ND			7,6	10,85	1,4
34	4,3	3	ND			7,15	10,45	1,25
35	4,3	1,4	ND			7	8,25	1,35
36	2,8	1,55	0,08			12,8	16,9	0,95
37	3,35	1,05	ND			6,9	11,15	1,05
38	3,9	0,45	ND			6,2	12,05	1,1
39	4	2,45	ND			9,3	14,3	1,1
40	2,35	1,7	ND			6,45	14,25	1,15
41	4,2	2,2	0,065			6,7	15,95	0,9
42	6,2	0,027	ND			7,05	9,1	0,8
TGK	-	-	0,2	0,2	-	-	-	-

TGK: Türk Gıda Kodeksi; ND: Not Detected

Oldukça yüksek biyoakümülyasyon faktörleri sergileyen çinko ve bakır elementleri, esansiyeldir ve özellikle çinkonun çeltik gelişiminde büyük öneme sahip olduğu bilinmektedir.

Nikel ve kadmiyumun elementlerinde tespit edilen yüksek biyoakümülyasyon faktörleri, topraktan çeltiğe Ni ve Cd geçişinin diğer iz elementlerden çok daha yüksek olduğunu göstermektedir. Elde edilen verilere göre, İpsala Bölgesi çeltikleri için en riskli elementlerin Cd ve Ni olduğunu ve bu metallerin topraktaki konsantrasyonlarının sınır değerleri aşmasının bitki gelişiminde diğer ağır metallerden çok daha yüksek hasarlara neden olabileceğini söyleyebiliriz.

Pearson Korelasyon İndeksi

Biyotik ve abiyotik öğelerde toksik element akümülyasyon seviyelerinin araştırıldığı çalışmalarda, ağır metaller arasındaki anlamlı ilişkilerin tespit edilebilmesi için Pearson Korelasyon İndeksi yaygın olarak kullanılmaktadır [12, 13, 14]. Bu çalışmada da, toprakta ve pirinçte tespit edilen elementler birikimleri arasındaki anlamlı ilişkilerin tespit edilebilmesi için Pearson Korelasyon İndeksi kullanılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 5 ve 6'da verilmiştir.

Tablo 4. Çeltikte BAF değerleri

Mn	Min	0,002487	Cr	Min	0	Cd	Min	0	Zn	Min	0,191808
	Mak	0,0344		Mak	0		Mak	0,56		Mak	3,040984
	Ort	0,008468		Ort	0		Ort	0,0648		Ort	0,879211
	SD	0,005819		SD	0		SD	0,126997		SD	0,610513
Fe	Min	0	Cu	Min	0,377193	Pb	Min	0	Ni	Min	0,007759
	Mak	0,002218		Mak	2,642857		Mak	0		Mak	5,4
	Ort	0,000359		Ort	1,092449		Ort	0		Ort	0,205898
	SD	0,000432		SD	0,567516		SD	0		SD	0,82902

Tablo 5. Toprakta tespit edilen korelasyon katsayıları

	Mn	Fe	Cd	Pb	Cr	Cu	Zn	Ni
Mn	1							
Fe	,282	1						
Cd	,056	-,126	1					
Pb	,321*	,516**	,129	1				
Cr	,060	,339*	,016	-,013	1			
Cu	,311*	,760**	-,050	,651**	-,016	1		
Zn	,319*	,659**	,016	,671**	,117	,622**	1	
Ni	,245	,839**	-,212	,209	,323*	,545**	,375*	1

*: Korelasyon 0,05 seviyesinde önemli; **:Korelasyon 0,01 seviyesinde önemli

Tablo 6. Pirinçte tespit edilen korelasyon katsayıları

	Mn	Fe	Cd	Pb	Cr	Cu	Zn	Ni
Mn	1							
Fe	,311*	1						
Cd	-,013	,140	1					
Pb	-	-	-	1				
Cr	-	-	-	-	1			
Cu	-,031	,099	-,048	-	-	1		
Zn	,321*	,313*	,009	-	-	,328*	1	
Ni	,158	,060	-,006	-	-	-,078	,121	1

*: Korelasyon 0,05 seviyesinde önemli; **:Korelasyon 0,01 seviyesinde önemli

Kümeleme Analizi

Kümeleme Analizi, ağır metal akümülyasyon seviyelerinin araştırıldığı çalışmalarda, en yaygın kullanılan multivaryete istatistiki yöntemlerden biridir [15, 16, 17]. Çalışmamızda elde edilen ağır metal verilerinin mevki bazında ortalama değerleri kullanılarak istasyonların

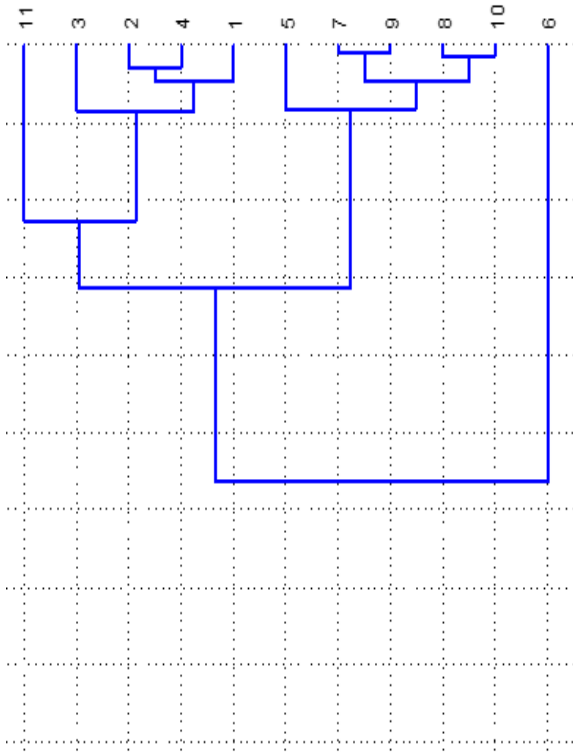
benzerliklerini tespit etmek için Bray Curtis'e göre yapılan Kümeleme Analizi kullanılmıştır. Toprak ve pirinçlerde tespit edilen element seviyelerine göre yapılan iki farklı Kümeleme Analizi sonuçları Şekil 3 ve 4'te, istasyonların benzerlik katsayıları ise Tablo 7 ve 8'de verilmiştir.

Tablo 7. Toprakta yapılan kümeleme analizi benzerlik katsayıları

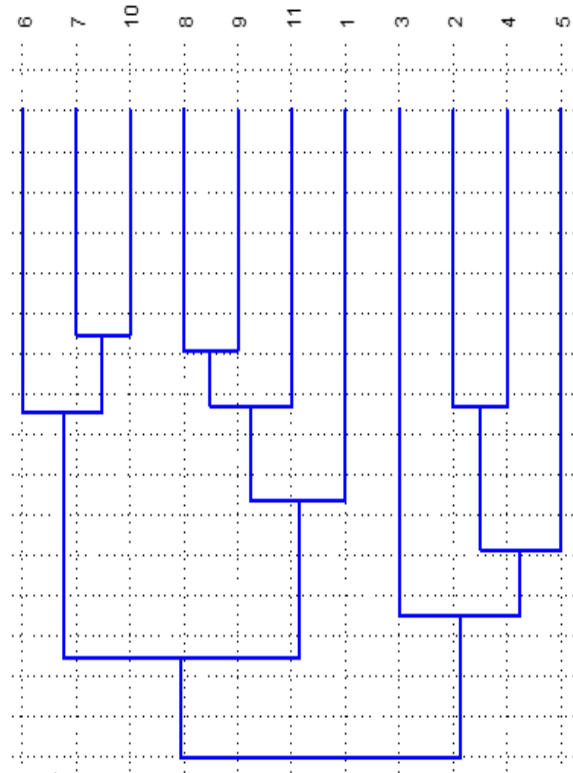
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1.	1,00										
2.	0,97	1,00									
3.	0,94	0,91	1,00								
4.	0,94	0,97	0,89	1,00							
5.	0,78	0,77	0,84	0,74	1,00						
6.	0,36	0,34	0,39	0,32	0,49	1,00					
7.	0,70	0,67	0,74	0,64	0,89	0,57	1,00				
8.	0,73	0,72	0,78	0,69	0,94	0,53	0,94	1,00			
9.	0,70	0,67	0,75	0,65	0,90	0,57	0,99	0,95	1,00		
10.	0,73	0,71	0,78	0,68	0,93	0,54	0,96	0,98	0,96	1,00	
11.	0,77	0,79	0,72	0,81	0,58	0,24	0,50	0,54	0,51	0,54	1,00

Tablo 8. Pirinçte yapılan kümeleme analizi benzerlik katsayıları

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1.	1,00										
2.	0,83	1,00									
3.	0,84	0,87	1,00								
4.	0,80	0,93	0,91	1,00							
5.	0,85	0,88	0,85	0,90	1,00						
6.	0,87	0,77	0,84	0,79	0,79	1,00					
7.	0,86	0,75	0,87	0,82	0,79	0,93	1,00				
8.	0,92	0,90	0,83	0,88	0,92	0,83	0,83	1,00			
9.	0,92	0,88	0,89	0,87	0,88	0,86	0,86	0,94	1,00		
10.	0,87	0,76	0,87	0,83	0,79	0,92	0,94	0,84	0,88	1,00	
11.	0,88	0,83	0,88	0,89	0,87	0,87	0,89	0,92	0,94	0,92	1,00



Şekil 3. Toprakta yapılan kümeleme analizi diyagramı



Şekil 4. Pirinçte yapılan kümeleme analizi diyagramı

Toprakta tespit edilen ağır metal konsantrasyonları kullanılarak yapılan kümeleme sonuçlarına göre, toprak kalitesi açısından en yüksek benzerliğin İpsala İlçesi ile Karpuzlu Beldesi arasında olduğu, en düşük benzerliğin ise Turpçular Köyü ile Koyuntepe Köyü arasında olduğu ortaya konmuştur.

Pirinçte tespit edilen ağır metal konsantrasyonları kullanılarak yapılan kümeleme sonuçlarına göre, çeltik kalitesi açısından en yüksek benzerliğin İpsala İlçesi ile Koyuntepe Köyü arasında olduğu, en düşük benzerliğin ise Tevfikiye Köyü ile İpsala İlçesi arasında olduğu ortaya konmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamız sonucu elde edilen verilere göre, ülkemizin en önemli çeltik üretim merkezlerinden biri olan İpsala İlçesi ve köylerinde toprak kalitesinin nikel hariç oldukça iyi olduğu, çeltiklerde tespit edilen ağır metal biyoakümülyasyon seviyelerinin sınır değerleri aşmadığı ve insan sağlığı açısından herhangi bir risk teşkil etmediği tespit edilmiştir.

Çeltikte tespit edilen ağır metal seviyelerinin sınır değerlerin altında oluşu ve insan sağlığı açısından herhangi bir risk teşkil etmeyişi sevindirici bir durumdur.

Ancak ağır metallerin kontamine oldukları bölgelerde uzun süre kalmaları, besin zinciri yolu ile insanlara kadar kolaylıkla ulaşabildikleri, bölgenin Ergene Nehri gibi çok aşırı kirli bir akarsuyun dolaylı baskısına maruz kaldığı ve sulamada kullanılan suların yoğun ağır metal içerikleri göz önüne alındığında, gerekli önlemlerin alınmaması halinde ilerleyen zamanlarda ağır metal biyoakümülyasyonlarının pirinçte de sınır değerleri aşabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] TZOB (Türkiye Ziraat Odaları Birliği), 2003. Çeltik Çalışma Grubu Raporu, Sayı 1.
- [2] Wildi, W., Domink, J., Thomas, R. L., Favarger, P., Haller, L., Perroud, A. ve Peytremann, C., 2004. River, reservoir and lake sediment contamination by heavy metals downstream from urban areas of Switzerland. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 9: 75-87.
- [3] Çalışkan, S., 2007. Çorlu ve civarında yetişen bitkilerde ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimler, Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [4] Köleli, N., Kantar, Ç., 2005. Fosfat kayası, fosforik asit ve fosforlu gübrelerdeki toksik ağır metal (Cd, Pb, Ni, As) konsantrasyonu. *Ekoloji*, 14, 55: 1-5.
- [5] <http://arastirma.tarim.gov.tr/tokatarastirma/Link/6/Toprak-Ornegi-Alma>
- [6] EPA METHOD 3051., 1998. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils.
- [7] TKKY (Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği), 2001. Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. T.C. Çevre Bakanlığı. 24609 Sayılı Resmî Gazete, 2001.
- [8] CSQG (Canadian Soil Quality Guidelines), 2007. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. Canadian Council of Ministers of the Environment 2007.
- [9] ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2005. Toxicological profile for Nickel. U.S. Department of Health and Human Services.
- [10] Nriagu, J.O., Pacyna, J.M., 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333:134-139
- [11] TGK, 2002. Türk Gıda Kodeksi - Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ. Tebliğ No:2002/63.

[12] Tokatlı, C., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Dayıoğlu, H., 2014. Statistical Approaches to Evaluate the Aquatic Ecosystem Qualities of a Significant Mining Area: Emet Stream Basin (Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 71 (5): 2185-2197.

[13] Köse, E., Tokatlı, C., Çiçek, A., 2014. Monitoring Water Quality of Seydisuyu Stream (Eskişehir, Turkey): A Statistical Evaluation. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (5): 1637-1647.

[14] Tokatlı, C., 2014. Drinking Water Quality of a Rice Land in Turkey by a Statistical and GIS Perspective: İpsala District. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (6): 2247-2258.

[15] Tokatlı, C., 2013. Use of Statistical Methods in Water Quality Assessment: A Case Study of Balkan Arboretum Area in Trakya University (Edirne, Turkey). *Journal of Applied Biological Sciences*, 7 (3): 79-83.

[16] Tokatlı, C., Çiçek, A., Köse, E., 2013. Groundwater Quality Of Türkmen Mountain (Turkey). *Polish Journal of Environmental Studies*, 22 (4): 1197-1208.

[17] Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A., 2014. Assessment of the Effects of Large Borate Deposits on Surface Water Quality by Multi Statistical Approaches: A Case Study of The Seydisuyu Stream (Turkey). *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (5): 1741-1751.