

Bursa Ovasında Nilüfer Çayı İle Sulanan Şeftali Bahçesi Topraklarında Mikrobiyel Aktivite ve Ağır Metal İçerikleri Arasındaki İlişkiler¹

Nur OKUR² Haluk BAŞAR³ Selçuk GÖÇMEZ⁴

Summary

Microbial Activity and Heavy Metal Relations in the Peach Orchards of Bursa Plain Irrigated with Nilüfer River

In this study, in order to determine the microbiological level and examine the relationship between the microbial activity and the heavy metal contents of the soils, samples were taken from the agricultural lands irrigated by Nilüfer River which is polluted by domestic and industrial wastes. With this purpose, after irrigation 21 soil samples were taken from 0-30 cm and 30-60 cm depths of peach orchards in Bursa Plain. According to the results, the most toxic element on microbial activity in the soils was Ni. The fact that the presence of Ni over the upper permitted limit might be the cause of the negative effect. Since the research soil were poor in organic matter and had a high sand fraction, some of the elements which were even below the permitted limits negatively affected the microbial activity in those soils. In 0-30 cm soil depth, the most sensitive microbial index with respect to the existing element concentrations was microbial biomass and in 30-60 cm depth, all elements, excluding Pb, affected catalase activity negatively.

Keywords: Microbial activity, heavy metals, peach orchards, irrigation water

Giriş

Suyun çevresel döngüsü sırasında antropojenik kullanımdan kaynaklanan çok çeşitli yabancı madde ile karışması, sularda önemli kirlenme sorunları meydana getirmektedir. Yerleşim ve endüstri bölgelerinde su kullanımı sonucu önemli miktarlarda atık yük taşıyan kirli sular ortaya çıkar. Bu suların belirli düzeylerde artırılmaması durumunda, sistemlerin kendilerini yenileme kapasitesinin üzerinde atık maddeler ile bulaştırılması sonucu su kalitesi şiddetli bir şekilde bu

¹ Bu çalışma TÜBİTAK tarafından TARP-2397 no'lu proje ile desteklenmiştir.

² Doç.Dr., E.Ü.Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, İZMİR, nokur@ziraat.ege.edu.tr

³ Doç.Dr., U.Ü.Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, BURSA

⁴ Araş.Gör. E.Ü.Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, İZMİR

değişimden etkilenir. Değişimin sonucu olan kirlenmiş suların çeşitli şekillerde ulaştığı ortamlarda da kirlenme sorunları başlar. Bu ortamlardan biri olan topraklarda kirlenme nedenlerinden belki de en önemlisi tarımsal amaçlı sulamalarda kirli suların kullanılmasıdır.

Son 25-30 yıl içerisindeki hızlı sanayileşme ve kentleşme süreci, Bursa Ovasının önemli bir su kaynağı olan Nilüfer Çayının da kentsel ve sanayi kökenli atıklarca ciddi boyutlarda kirlenmesine neden olmuştur. Nilüfer Çayının özellikle ağır metallerce kirlenmesi ve bu suyun sulama amaçlı tarımsal faaliyetlerde kullanılması, beraberinde tarımsal alanlarda ağır metal kirliliği sorununun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Özellikle Bursa Ovasının bazı kesimlerinde Cu ve Cd kirlenmesinin olduğu belirlenmiştir (3).

Çevre kirliliğinin yoğun olarak yaşandığı dünyamızda, toprakların ağır metaller tarafından etkilenme düzeyini belirlemede sadece fiziksel ve kimyasal ölçümlerden değil bazı mikrobiyolojik parametrelerden de yararlanılmaktadır. Bu tür parametreler yardımıyla doğal ekosisteme ait dengenin kirleticiler tarafından bozulup bozulmadığını tespit etmek mümkün olmaktadır (8). Kirlenmiş topraklarda mikrobiyel biyomas (7), topraktaki enzimatik aktivite (18, 1, 12 ve 13) ve N-mineralizasyonu (27) en çok araştırılan konular olmuştur.

Bu çalışmada, uzun yıllardan beri Nilüfer Çayı suları ile sulanan Bursa Ovası şeftali bahçelerinden sulama sonrası dönemde toprak örnekleri alınarak, bu toprak örneklerinin mikrobiyolojik aktivite düzeyi belirlenmiş ve topraklardaki ağır metal miktarları ile mikrobiyolojik aktivite arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma materyalini Bursa Ovasının tek yerüstü su kaynağı olan Nilüfer çayı ile sulanan şeftali bahçelerinden alınan 21 adet toprak örneği oluşturmuştur. Toprak örnekleri 1999 yılının sulama sonrası döneminde 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerinden alınmıştır. Doğal neme sahip toprak örnekleri en kısa sürede 2 mm'lik elekten elenerek mikrobiyolojik analizlerin yapılabilmesi için +4°C'de muhafaza edilmişlerdir (23). Fiziksel ve kimyasal analizler ise 2 mm'lik elekten geçmiş hava kurusu topraklarda yürütülmüştür. Toprak örneklerinde bünye Bouyoucos (6), toprak reaksiyonu Jackson (16) organik karbon Tinsley (26), asitte çözünür ağır metal miktarları ise kral suyu yöntemiyle Kick ve ark (19)'a göre belirlenmiştir. Toprak örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analizlerden ise toprak solunumu (CO₂-

Oluşumu) (15), mikrobiyel biyomas (2), dehidrogenaz enzim aktivitesi (25), proteaz enzim aktivitesi (21), alkalın fosfotaz enzim aktivitesi (24 ve 10), katalaz enzim aktivitesi (5), otokton ve zimogen bakteriler ile fungus sayıları ise Fiedler (11)'e göre belirlenmiştir. Mikroorganizma sayımlarında aşağıdaki besin ortamları kullanılmıştır;

1. Otokton Bakteri: Toprak Ekstrakt-Agar (Ahrens, basılmamış)
2. Zimogen Bakteri: Standart II Nutrient Agar (Merck Nr. 7881)
3. Fungus: Malt Ekstrakt-Agar (17)

Araştırma Bulguları ve Tartışma **Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları**

Araştırma materyali toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına ilişkin minimum ve maksimum değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

	Derinlik (cm)	Mekanik Bileşim (%)			pH (1:2.5 CaCl ₂)	CaCO ₃ (%)	Org.Mad. (%)
		Kum	Mil	Kil			
Min.	0-30	40	18	19	6.4	1.45	1.77
	30-60	37	18	20	6.5	1.16	1.03
Mak.	0-30	58	35	35	7.6	6.38	3.06
	30-60	54	39	37	7.8	7.83	2.05

Toprakların bünyesi kumlu-killi-tın, killi-tın ve tın olarak değişmiş, reaksiyonları ise hafif asit ile hafif alkalın arasında yer almıştır. Araştırmada incelenen toprak örneklerinin asitte çözünür Fe, Cu, Mn, Zn, Ni, Pb, Co ve Cr içeriklerine ilişkin minimum ve maksimum değerler ise Çizelge 2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre araştırma topraklarının söz konusu element konsantrasyonlarının Ni ve Cr hariç sınır değerlerin altında olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 2. Araştırma topraklarının bazı ağır metal içerikleri (mg/kg)

	Derinlik (cm)	Fe	Cu	Mn	Zn
Minimum	0-30	12.625	46.88	425	45.63
	30-60	14.125	35.00	425	45.00
Maksimum	0-30	42.875	98.75	1225	143.13
	30-60	42.625	76.88	1275	141.25
	Derinlik (cm)	Ni	Pb	Co	Cr
Minimum	0-30	48.13	7.75	8.88	42.50
	30-60	50.63	8.00	8.38	45.00
Maksimum	0-30	212.50	19.25	21.38	143.13
	30-60	189.38	26.00	22.38	128.75

Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Araştırma topraklarında saptanan mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Bu sonuçların değerlendirilmesinde, incelenen mikrobiyolojik kriterlerin araştırma topraklarında saptanan 8 element miktarları ile olan ilişkilerinin ortaya konduğu çoklu korelasyon analizlerinden yararlanılmış ve elde edilen korelasyon katsayıları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. Araştırma topraklarında saptanan bazı mikrobiyolojik kriterler

	Derinlik (cm)	CO ₂ -Oluşumu (mg CO ₂ /100 g k.t./7 gün)	M. Biyomas (mg C/100 g k.t.)	Proteaz E. Akt. (µg Tyrosin/g k.t./ 2h)
Minimum	0-30	7.21	11.93	20.62
	30-60	6.22	11.81	0.00
Maksimum	0-30	29.78	37.34	121.81
	30-60	20.29	35.46	88.23
	Derinlik (cm)	DHA E. Akt. (µg TPF/ g k.t.)	Katalaz E. Akt. (% O ₂)	A.Fosfotaz E. Akt. (µg p-NP/g k.t.)
Minimum	0-30	33.39	1.96	131.34
	30-60	0.00	0.90	59.06
Maksimum	0-30	183.62	8.80	364.37
	30-60	106.76	6.89	392.59
	Derinlik (cm)	Otokton Bakteri Sayısı (x10 ⁶ / g. k.top.)	Zimogen Bakteri Sayısı (x10 ⁶ / g. k.top.)	Fungus Sayısı (x10 ⁵ /g. k.top.)
Minimum	0-30	26.09	4.63	5.07
	30-60	12.07	6.55	2.08
Maksimum	0-30	83.63	62.33	90.43
	30-60	67.23	60.47	70.77

Çizelge 4'deki korelasyonlar incelendiğinde; Nilüfer Çayı ile sulanan şeftali bahçelerinden alınan topraklarda saptanan element miktarları ile incelenen mikrobiyel kriterler arasında önemli düzeyde negatif ilişkiler ortaya çıktığı görülmüştür. Mikroorganizmaların gereksinim duyduğu elementler bitkilerinkine benzer olup; Na, K, Mg, Ca, C, N, O, Si, P, S, Cl, Se, I, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ve Mo mikroorganizmaların yaşamları için gerekli (elzem) elementlerdir. Fakat elzem elementlerin yüksek konsantrasyonlarda buldukları zaman mikroorganizmalara toksik olabilecekleri ve toksik olarak bilinen elementlerin de çok düşük düzeylerde yararlı etkiler

gösterebileceği bilinmektedir (14). Ayrıca her mikroorganizmanın gereksinim duyduğu ve mikroorganizmaya toksik olduğu element konsantrasyon aralığı değişebilmektedir.

Çizelge 4. Araştırma topraklarında farklı derinlikler için incelenen mikrobiyolojik kriterler ile element miktarları arasındaki çoklu korelasyon katsayıları

0-30 cm

Parametre	CO ₂ -Ol.	Biyomas	DHG	Fosfotaz	Proteaz
Ni	ns	-0.462*	ns	ns	ns
Pb	ns	ns	ns	ns	-0.447*
Fe	ns	-0.453*	ns	ns	ns
Co	ns	-0.455*	ns	ns	ns
Parametre	Katalaz	Ot.Bak.	Zim.Bak.	Fungus	
Ni	ns	ns	ns	ns	
Pb	ns	ns	ns	ns	
Fe	ns	ns	ns	ns	
Co	ns	ns	ns	ns	

30-60 cm

Parametre	CO ₂ -Ol.	Biyomas	DHG	Fosfotaz	Proteaz
Ni	ns	ns	ns	ns	-0.519*
Pb	ns	ns	ns	-0.443*	ns
Fe	ns	ns	ns	ns	-0.461*
Cu	ns	ns	ns	ns	ns
Mn	ns	ns	ns	ns	-0.480*
Zn	ns	ns	ns	ns	ns
Co	ns	ns	ns	ms	-0.563**
Cr	ns	ns	ns	ns	-0.603**
Parametre	Katalaz	Ot.Bak.	Zim.Bak.	Fungus	
Ni	-0.544*	-0.482*	ns	-0.528*	
Pb	ns	ns	ns	ns	
Fe	-0.515*	ns	ns	ns	
Cu	-0.473*	ns	ns	ns	
Mn	-0.528*	ns	ns	ns	
Zn	-0.559**	ns	ns	ns	
Co	-0.527*	ns	ns	ns	
Cr	-0.569**	ns	ns	-0.438*	

Araştırmada miktarları saptanan 8 elementten (Ni, Pb, Fe, Cu, Mn, Zn, Co ve Cr) sadece biri (Pb) mikroorganizmalar için toksik bir element olup, diğerleri mikroorganizmaların yaşamları için gerekli elementlerdir. Fakat araştırma topraklarındaki mikroorganizmaların sayı ve aktivitesi üzerinde en fazla olumsuz etkiye sahip element Ni

olmuştur. Nikel miktarları ile mikrobiyel biyomas (0-30 cm derinlikte), proteaz ve katalaz enzim aktiviteleri ile otokton bakteri ve fungus sayıları (30-60 cm derinlikte) arasında % 5 düzeyinde önemli negatif ilişkiler saptanmıştır. Topraklardaki Ni miktarlarının hemen hemen hepsinin Kloke (20) tarafından verilen 50 mg/kg sınır değerin üzerinde saptanması, büyük olasılıkla bu olumsuz etkinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Doelman ve Haanstra (9) üreaz aktivitesinin % 10 oranında engellenebilmesi için kumlu bir toprakta (organik maddesi % 1.6) 30-120 mg/kg; killi bir toprakta ise (organik maddesi % 3.2) 90-610 mg/kg arasında değişen Ni konsantrasyonlarının bulunmasının yeterli olduğunu yaptıkları araştırmayla kanıtlamışlardır. Rogers ve Li (22) ise % 1.3 düzeyinde organik madde içeren bir tarım toprağında 30 mg/kg Ni konsantrasyonunun dehidrogenaz enzim aktivitesini % 86 oranında azalttığını saptamışlardır. Bu bulgular, düşük düzeylerdeki element miktarlarının bile mikroorganizmalar üzerinde toksik etkiler yaratabileceğini göstermektedir.

Nikelden sonra mikrobiyel sayı ve aktivite üzerinde en fazla olumsuz etkiye sahip olan elementler Cr, Co ve Fe olmuştur. Krom, 30-60 cm derinlikteki toprakların proteaz ve katalaz enzim aktiviteleri ile fungus sayıları üzerinde önemli negatif etkilerde bulunmuştur. Kobalt ve demir ise ilk derinliğe sahip toprakların mikrobiyel biyomas, ikinci derinliğe sahip toprakların ise proteaz ve katalaz enzim aktiviteleri üzerinde önemli negatif etkilere sahip olmuşlardır. Kobalt ve demirin araştırma topraklarındaki miktarları yüksek düzeyde saptanmamasına rağmen bu tür etkilerin ortaya çıkması, toprakların mevcut bu element konsantrasyonlarını iyi tolere edemeyecek abiyotik özelliklere sahip olmasından ileri gelmiş olabilir. Bir elementin mikroorganizmalara zararlı bir etkide bulunabilmesi topraktaki bazı kimyasal özelliklere sıkı sıkıya bağlıdır. Bu özellikler pH, inorganik anyon ve katyonlar, kil mineralleri, sulu metal oksitler, organik madde formu ve miktarıdır (4). Organik madde veya kil miktarı yüksek olan topraklar, düşük organik madde içeriğine sahip kumlu topraklara oranla elementlerin yüksek konsantrasyonlarını daha iyi tolere edebilmektedirler. Araştırma topraklarının genelde organik madde miktarı düşük ve kum fraksiyonu yüksek topraklar olması nedeniyle sınır değerlerin altındaki konsantrasyonlarda bile bazı elementler mikroorganizmalara olumsuz etkiler yapmış olabilir. Organik madde miktarının ağır metal toksisitesinde oynadığı fonksiyon, araştırma topraklarının ikinci derinliklerinde açık bir şekilde ortaya çıkmıştır. Organik madde miktarının üst toprak tabakasına oranla biraz daha azaldığı alt toprak

tabakasında elementler daha fazla mikrobiyel gösterge üzerinde olumsuz etkilerde bulunmuşlardır. Üst toprak tabakasında sadece 4 element 4 mikrobiyel gösterge ile negatif ilişkiler verirken, alt toprak tabakasında incelenen tüm elementler ile toplam 16 mikrobiyel gösterge arasında negatif ilişkiler ortaya çıkmıştır.

Araştırılan toprakların 0-30 cm derinliğinde mevcut element konsantrasyonlarına en hassas mikrobiyel gösterge mikrobiyel biyomas olurken, 30-60 cm derinlikte katalaz enzimi Pb hariç diğer tüm elementler tarafından olumsuz etkilenen bir aktivite olmuştur. Buna karşın her iki derinlikte de CO₂-oluşumu ile mevcut element konsantrasyonları arasında önemli bir ilişki ortaya çıkmamıştır.

Özet

Bu çalışmada kentsel ve endüstriyel atıklarla kirletilmiş olan Nilüfer Çayı ile sulanan tarım arazilerinden toprak örnekleri alınarak, bu toprak örneklerinin mikrobiyolojik aktivite düzeyi belirlenmiş ve topraklardaki ağır metal miktarları ile mikrobiyolojik aktivite arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu amaçla Nilüfer Çayı ile sulanan Bursa Ovası şeftali bahçelerinden 21 adet toprak örneği sulama sonrası dönemde 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerden alınmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; araştırma topraklarındaki mikroorganizmaların sayı ve aktivitesi üzerinde en fazla olumsuz etkiye sahip olan element Ni olmuştur. Topraklardaki Ni miktarlarının hemen hemen hepsinin sınır değerinin üzerinde saptanması, büyük olasılıkla bu olumsuz etkinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Araştırma topraklarının genelde organik madde miktarı düşük ve kum fraksiyonu yüksek topraklar olması nedeniyle sınır değerlerin altındaki konsantrasyonlarda bile bazı elementler mikroorganizmalara olumsuz etkiler yapmıştır. Araştırılan toprakların 0-30 cm derinliğinde mevcut element konsantrasyonlarına en hassas mikrobiyel gösterge mikrobiyel biyomas olurken, 30-60 cm derinlikte katalaz enzimi Pb hariç diğer tüm elementler tarafından olumsuz etkilenen bir aktivite olmuştur.

Anahtar kelimeler: Mikrobiyel aktivite, ağır metaller, şeftali bahçeleri, sulama suyu

Kaynaklar

1. Al-Khafaji, Tabatabai M.A., 1978. Effects Of Trace Elements On Arylsulfatase activity in soils. *Soil Science*, 127(3):129-133.
2. Anderson, J.P.E., Domsch, K.H., 1978. A Physiological Method For The Quantitative Measurement Of Microbial Biomass In Soils, *Soil Biology And Biochemistry*, 10:215-221.
3. Aydınalp, C., 1996. Characterization of the main soil types in the Bursa Province, Turkey. Ph D. Thesis, University of Aberdeen, Aberdeen, UK.
4. Baath E., 1989. Effects Of Heavy Metals In Soil On Microbial Processes And Populations (A Review). *Water, Air, And Soil Pollution*, 47:335-379.
5. Beck, T., 1971. Die Messung Der Katalaseaktivität Von Boden, *Z. Pflanzenernaehr Bodenkd*, 130:68-81.
6. Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration Of Hydrometer For Making Mechanical Analysis Of Soil. *Agronomy Journal*, 43:434-437.

7. Brookes P.C., Mcgrath S.P., 1984. Effects of metal toxicity on the size of the soil microbial biomass. *J. Soil Sci.* 35:341-346.
8. Brookes P.C., 1995. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fertil. Soils.* 19(4):269-279.
9. Doelman P., Haanstra L., 1986. Short-And Long-Term Effects Of Heavy Metals On Urease Activity In Soils. *Biol. Fertil. Soils.* 2:213-218.
10. Eivazi, F., Tabatabai, M.A., 1977. Phosphatases In Soils. *Soil Biol. Biochem.* 9:167-172.
11. Fiedler, H. J., 1973. *Methoden Der Boden Analyse Band., II., Mikrobiologische Methoden* Verl. Theodor Stainkopf, Dresden, 12-15.
12. Frankenberger W.T. Jr., Tabatabai M.A., 1981. Amidase Activity In Soils: Iv. Effects Of Trace Elements And Pesticides. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:1120-1124.
13. Haanstra L., Doelman P., 1991. An Ecological Dose-Response Model Approach To Short- And Long-Term Effects Of Heavy Metals On Arylsulphatase Activity In Soil. *Biol. Fertil. Soils* 11:18-23.
14. Hughes M.N., Poole R.K., 1989. *Metals And Micro-Organisms.* Chapman And Hall, 412 P.
15. Isermeyer, H., 1952. Eine Einfache Methode Zur Bestimmung Der Karbonate Im Boden, *Z. Pflanzenern, Düng, Bodenkd.* 105-107.
16. Jackson, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis.* Prentice-Hall Inc., New Jersey.
17. Johnson L.F., Curl E.A., Bond J.H., Fribourg H.A., 1959. *Methods For Studying Soil Microflora-Plant Disease Relationships.* Burgess Publishing Company, Minneapolis, P: 87-89.
18. Juma N.G., Tabatabai M.A., 1977. Effects of trace elements on phosphatase activity in soils. *Soil Sci. Soc. of Amer. Jour.* 41(2):343-346.
19. Kick, H., Bürger, H., Sommer, K., 1980. Gesamtgehalte An Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Ni, Cr Und Co In Landwirtschaftlich Und Gaertnerisch Genutzen Böden Nordhein-Westfallens. *Land. Forschung* 33(1):12-22.
20. Kloke, A., 1980. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturboden. *Mitt. VDLUFA, H.,* 1-3, 9-11.
21. Ladd, J.N., Butler, J.H.A., 1972. Short-Term Assay Of Soil Proteolytic Enzyme Activities Using Proteins And Dipeptide Derivates As Substrates, *Soil Biology And Biochemistry,* 4:19-39.
22. Rogers J.E., Li, S.W., 1985. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 34, 858.
23. Schinner F., Ohlinger R., Kandeler E., Margesin R., 1995. *Methods In Soil Biology.* Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, Newyork, P: 189-191.
24. Tabatabai, M.A., Bremner, J.M., 1969. Soil Enzymes. In: Page, A.L., Miller, R.H Keeney, D.R. (Eds) *Methods Of Soil Analysis, Part 2, Am. Soc. Agron., Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin,* Pp 903-947.
25. Thalmann, A., 1968. Zur Methodik Der Bestimmung Der Dehydrogenaseaktivitaet Im Boden Mittens Triphenyltetrazoliumchlorid (Ttc), *Landwirtsch. Forsch,* 21:249-258.
26. Tinsley, J., 1950. The Determination Of Organic Carbon In Soils By Dichromate Mixtures. *Trans. 4th Int. Soc. Soil Sci.* 1, 161.
27. Wilke B.M., 1989. Long-Term Effects Of Different Inorganic Pollutants On Nitrogen Transformations In A Sandy Cambisol. *Biology And Fertility Of Soils.* 7:254-258.