

## Toprak Ekosistemindeki Değişimin Mikrobiyel Aktivite Üzerindeki Etkisini Saptamada Ekofizyolojik Parametrelerin Kullanımı

Nur OKUR<sup>2</sup>  
Vahap KATKAT<sup>4</sup>

Muzaffer ÇENGEL<sup>3</sup>  
H.Sevim UÇKAN<sup>5</sup>

### Summary

#### The use of eco-physiological quotients in determining the microbial activity in the disturbed soil ecosystems

The present study is focused on the microbial processes involved in the C metabolism of the soil microflora, as related to the heavy metal content of the soils irrigated by İznik Lake waters. Two derived parameters were used in attempting to gain a better understanding of the changes in the microbial processes of the disturbed soils by heavy metals. These are specific respiratory activity and the ratios of microbial biomass C and respiratory C to soil organic C. Twenty soil samples before and after irrigation were taken from arable lands irrigated by Lake waters in İznik and Orhangazi districts. The studied eco-physiological parameters have proposed useful in studying soils that differ in chemical characteristics and agronomical history, and they appear to be significant when used as indices of the status of soil microbial metabolism under stress conditions in particular.

**Keywords:** Specific respiratory activity, the ratio of microbial biomass-C to soil organic C, the ratio of respiratory-C to soil organic C, heavy metal

### Giriş

Çevre koşulları ve tarımsal uygulamaların devamlı veya uzun bir süre aynı kaldığı toprak sistemlerinde sabit bir denge mevcuttur. Bu koşullarda meydana gelen herhangi bir değişim, bu dengenin bozulmasına neden olmakta ve toprağın yeni bir dengeyi kurması çok yavaş bir şekilde gerçekleşmektedir. Ilıman iklim koşullarında toprakların bu yeni dengeyi kurma süresi 20-50 yıl arasında değişmektedir. Eğer arazi tarım yapılan bir arazi ise, inorganik gübrelemeye bağlı olarak ortaya çıkan yeni dengenin oturması daha kısa bir süreyi gerektirirken (2), değişim daha şiddetli bir şekilde

<sup>1</sup> Bu çalışma TUBİTAK tarafından TARP-2271 nolu proje ile desteklenmiştir.

<sup>2</sup> Doç.Dr., E.Ü.Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, İZMİR, [nokur@ziraat.ege.edu.tr](mailto:nokur@ziraat.ege.edu.tr)

<sup>3</sup> Prof.Dr., E.Ü.Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, İZMİR

<sup>4</sup> Prof.Dr., U.Ü.Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, BURSA

<sup>5</sup> Dr., Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, İZMİR

gerçekleşirse (örneğin bakir toprakların tarıma açılması, tarım topraklarına yoğun bir organik gübre uygulaması veya toprakların kirliliğe maruz kalması gibi) çok daha uzun yıllara gereksinim duyulmaktadır (15, 17). Son yıllarda araştırmacılar bu dengedeki bozulmaları tespit etmede bazı ekofizyolojik parametreleri kullanmaya başlamışlardır (3, 12, 20). Bu parametreler birim zaman ve birim biyokütle-C'u (biyomas-C'u) için CO<sub>2</sub>-C oluşumu (spesifik solunum aktivitesi) ile biyokütle-C'nun ve solunum-C'nun toprak organik C'nuna oranlarıdır (1). Chander ve Brookes (10, 11) bu parametrelerin kimyasal kirlilikten kaynaklanan toprak koşullarındaki değişimin indikatörleri olarak kullanılabilirliklerini ileri sürmüşlerdir.

Bu makalede Güney Marmara bölgesinin en büyük gölü olan İznik gölü ile sulanan tarım arazilerinde toprak mikroflorası üzerine sulamadan kaynaklanabilecek ağır metal kirliliğinin etkileri araştırılmıştır. İznik gölü endüstriyel, evsel ve tarımsal kökenli kirleticiler ile kirlenme sürecine girmiş bir gölümüzdür. Araştırma materyali topraklar bu göl suları ile uzun bir süreden beri sulanan tarım arazileridir. Bu çalışmada sulama öncesi ve sonrası toprak örnekleri alınarak, kirliliğin toprak ekosisteminde yaratabileceği değişimlerin, toprak mikroflorasının C metabolizması ile ilgili mikrobiyel olaylar üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

### **Materyal ve Yöntem**

Araştırma materyalini İznik Göl suları ile sulanan Orhangazi ve İznik ilçelerine ait tarım arazilerinden alınan 20 adet toprak örneği oluşturmuştur. Toprak örnekleri sulama öncesi ve sonrası olmak üzere 2000 yılının Mayıs ve Ekim aylarında iki kez, 0-30 cm derinlikten alınmıştır. Doğal nemde toprak örnekleri en kısa sürede 2 mm'lik elekten elenerek mikrobiyolojik analizlerin yapılabilmesi için +4°C'de muhafaza edilmişlerdir. Fiziksel ve kimyasal analizler ise 2 mm'lik elekten geçmiş hava kurusu topraklarda yürütülmüştür.

Toprak örneklerinde bünye Bouyoucos (6), toprak reaksiyonu Richard (18), organik madde Jackson (14), total N Bremner (7), alınabilir Fe, Mn, Zn, Cu ve Cd miktarları DTPA ile çalkalanmış örneklerin süzüklerinde Lindsay ve Norwell (16) 'e göre belirlenmiştir. Toprak mikroflorasının C metabolizması ile ilgili mikrobiyolojik analizlerden ise toprak solunumu Isermeyer (13) ve mikrobiyel biyokütle (biyomas) ise Anderson ve Domsch (4)'a göre saptanmıştır. Bu analiz sonuçlarından yararlanılarak araştırmada hesaplanan ekofizyolojik parametreler ise mikrobiyel biyokütle karbonunun toprak organik karbonuna oranı (MBC:OC), solunum karbonunun toprak organik karbonuna oranı (SOLC:OC) (toprak solunum hızı) ve birim zamanda solunum karbonunun mikrobiyel biyokütle karbonuna oranı (SOLC:MBC) (spesifik solunum aktivitesi) olmuştur (19).

### Araştırma Bulguları

Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları\*

Top.No	pH (Sat.Çam.)	Org.Mad. (%)	Toplam N (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)
1	7.38-7.39	2.14-2.47	0.11-0.15	57.84	2.28	39.88
2	7.05-7.26	1.42-3.07	0.08-0.19	52.28	20.72	27.00
3	6.95-7.04	1.59-1.84	0.09-0.12	36.00	30.00	34.00
4	7.68-7.73	1.55-1.74	0.08-0.11	50.00	24.00	26.00
5	7.61-7.72	1.51-0.63	0.08-0.10	22.00	50.00	28.00
6	7.46-7.41	1.36-2.43	0.08-0.15	54.00	20.00	26.00
7	7.43-7.56	1.77-1.60	0.08-0.10	58.40	14.00	27.60
8	7.31-7.60	1.36-1.49	0.08-0.09	50.40	16.00	33.60
9	7.59-7.66	1.49-2.36	0.08-0.15	46.00	22.00	32.00
10	7.54-7.59	1.59-1.39	0.09-0.09	45.84	19.28	34.88
11	7.60-7.77	1.14-1.53	0.07-0.10	44.72	28.00	27.28
12	7.72-7.82	1.67-2.15	0.09-0.13	28.72	28.00	43.28
13	7.56-7.80	1.84-1.98	0.09-0.12	32.72	22.00	45.28
14	7.53-7.74	1.17-1.84	0.07-0.12	44.40	16.00	39.60
15	7.61-8.00	1.20-1.70	0.08-0.11	36.40	16.00	47.60
16	7.28-7.68	1.80-1.66	0.11-0.10	51.00	15.00	34.00
17	7.47-7.72	1.93-2.22	0.09-0.14	32.00	36.00	32.00
18	7.39-7.82	1.96-2.19	0.12-0.14	46.72	26.00	27.28
19	7.43-7.69	1.20-1.54	0.07-0.10	36.40	14.00	49.60
20	7.46-7.74	1.71-1.42	0.08-0.09	43.28	14.72	42.00
Ort.	7.45-7.64	1.62-1.86	0.08-0.11			

\*: İlk değerler Mayıs, ikinci değerler ise Ekim ayına ait sonuçları göstermektedir. Bünye analizi sadece Mayıs ayı örneklerinde yapılmıştır.

Mayıs ayında alınan toprakların % 90'ı, Ekim ayında alınan toprakların ise % 80'i hafif alkalin, diğerleri ise nötr reaksiyona sahip olmuştur. Organik madde miktarları Mayıs döneminde % 1.14-2.14, Ekim döneminde ise % 0.63-3.07 arasında yer almıştır. Toprakların bünyeleri % 35'i killi tın olmak üzere aynı oranlarda (%30) kumlu kil tın ve kil ile kumlu kil (%5) şeklinde değişmiştir. Sulama sonrası topraklarında sulama öncesine oranla pH değerleri ile organik madde ve toplam N miktarları ortalama değerlerde bir miktar artmıştır (sırasıyla % 2 , % 13 ve % 27).

Araştırma topraklarında en yüksek ağır metal miktarları Mayıs ve Ekim dönemleri için sırasıyla 13.36-20.48 mg Fe/kg, 15.77-26.75 mg Cu/kg, 8.98-17.26 mg Mn/kg, 2.59-2.79 mg Zn/kg ve 0.06-0.09 mg Cd/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Sulama öncesine oranla sulama sonrası topraklarında alınabilir Fe miktarı ortalama % 46, Cu miktarı % 31, Mn miktarı % 53, Zn miktarı % 23 ve Cd miktarı % 20 oranında artmıştır.

Çizelge 2. Araştırma topraklarının alınabilir Fe, Cu, Mn, Zn ve Cd içerikleri (mg/kg)\*

Top. No	Fe	Cu	Mn	Zn	Cd
1	9.04-15.80	7.25-11.55	3.76-11.77	1.91-2.79	0.05-0.06
2	11.08-17.36	15.77-15.86	8.98-17.26	1.13-1.73	0.04-0.05
3	7.68-12.80	14.21-26.75	7.54-16.18	0.65-1.21	0.06-0.05
4	5.90-9.80	5.33-7.35	4.66-9.46	0.95-1.29	0.03-0.05
5	7.24-13.26	3.49-5.31	4.30-9.46	1.15-1.87	0.04-0.07
6	3.32-5.42	8.09-20.67	3.42-10.54	0.31-0.87	0.04-0.06
7	8.68-14.84	10.13-10.83	5.98-12.94	1.43-1.79	0.02-0.09
8	4.98-9.44	4.61-5.55	3.76-9.94	1.57-2.01	0.06-0.07
9	4.78-10.76	5.09-16.23	3.70-10.78	0.79-1.79	0.04-0.05
10	7.02-10.64	3.89-4.47	4.90-7.42	1.75-1.81	0.06-0.07
11	7.64-16.04	7.85-14.79	4.54-8.86	0.43-0.73	0.04-0.04
12	10.48-19.16	5.81-7.83	3.7-7.78	0.43-0.79	0.04-0.05
13	13.36-20.48	5.45-5.91	1.90-5.26	0.43-0.55	0.04-0.05
14	4.26-13.40	1.45-2.29	3.24-4.78	0.19-0.51	0.03-0.05
15	9.40-18.44	2.35-2.71	2.82-5.98	0.53-0.71	0.04-0.04
16	6.08-13.52	7.61-1.99	4.07-8.02	1.45-0.57	0.03-0.05
17	10.12-20.48	2.55-3.87	3.94-8.02	0.47-0.73	0.04-0.04
18	9.64-15.92	3.21-4.71	6.34-12.72	1.55-1.81	0.03-0.04
19	7.46-15.44	3.11-2.87	4.78-8.86	0.33-0.41	0.04-0.04
20	6.28-11.36	2.7-11.75	5.62-8.26	2.59-2.13	0.05-0.04
Ort.	7.72-14.21	5.99-8.66	4.59-9.71	1.00-1.30	0.04-0.05

\*: İlk değerler Mayıs, ikinci değerler ise Ekim ayına ait sonuçları göstermektedir.

Çizelge 3'de araştırma topraklarında incelenen mikrobiyel parametrelere ait sonuçlar verilmiştir. Çoklu korelasyon analizleri sonucu, ağır metal miktarları ile toprak organik C'u, toprak solunumu ve spesifik solunum aktivitesi (SOLC:MBC) arasında önemli pozitif ilişkiler, aynı metaller ile mikrobiyel biyokütle C'nun ve toprak solunum C'nun organik C'a oranları (MBC:OC ve SOLC:OC) arasında ise önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir. Ayrıca toprak organik C'u ile toprak solunumu ve spesifik solunum aktivitesi arasında önemli pozitif ilişkiler saptanırken, organik C ile MBC:OC ve SOLC:OC oranları arasında ise önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 4).

### Tartışma

Araştırma topraklarının organik C miktarları ile ağır metal miktarları arasında belirlenen ilginç pozitif ilişkilerin nedeni iki şekilde açıklanabilir: 1) Endüstriyel, evsel ve tarımsal kirleticiler ile kirlenmiş göl suları ile sulanan topraklarda sulama sonucu zamanla hem ağır metal hem de organik madde birikimi meydana gelmiştir; 2) Araştırma topraklarında mevcut metal konsantrasyonları C-mineralizasyonunu olumsuz etkilemiş ve topraklarda organik C birikimi meydana gelmiştir. Fakat araştırma topraklarının farklı kültivasyon uygulamaları altındaki tarlalardan alınması ve dolayısıyla topraklardaki organik madde ve ağır metal birikiminin gerçekte aynı oranlarda olamayacağı

Çizelge 3. Araştırma topraklarında saptanan bazı mikrobiyel ve ekofizyolojik parametreler\*

T.No	OC <sup>1</sup> (%)	MBC <sup>2</sup> (mg C 100 g <sup>-1</sup> k.top.)	SOLC <sup>3</sup> (mg C 100 g <sup>-1</sup> k.top. gün <sup>-1</sup> )	MBC:OC <sup>4</sup> (mg g <sup>-1</sup> )	SOLC:OC <sup>5</sup> (mg CO <sub>2</sub> -C(mg g <sup>-1</sup> gün <sup>-1</sup> )	SOLC:MBC <sup>6</sup> (mg CO <sub>2</sub> -C g <sup>-1</sup> C gün <sup>-1</sup> )
1	1.24-1.43	40.10-34.32	30.22-26.84	3.23-2.40	0.35-0.27	1.33-1.28
2	0.82-1.78	39.40-21.57	15.18-10.80	4.81-1.21	0.26-0.09	2.60-2.00
3	0.92-1.07	27.02-43.56	19.53-11.73	2.94-4.07	0.30-0.16	1.38-3.71
4	0.90-1.01	60.59-48.98	27.06-9.59	6.73-4.85	0.43-0.14	2.24-5.11
5	0.88-0.37	35.85-58.62	33.19-27.89	4.07-15.84	0.54-1.08	1.08-2.10
6	0.79-1.41	32.91-38.63	27.19-23.07	4.17-2.74	0.49-0.23	1.21-1.67
7	1.03-0.93	46.62-48.89	21.66-11.27	4.53-5.26	0.30-0.17	2.15-4.34
8	0.79-0.86	37.99-45.28	23.31-9.19	4.81-5.27	0.42-0.15	1.63-4.92
9	0.86-1.37	48.46-70.17	22.43-23.23	5.63-5.12	0.37-0.24	2.13-3.02
10	0.86-0.81	26.33-50.76	22.69-23.16	3.06-6.27	0.38-0.41	1.16-2.19
11	1.33-0.89	42.14-37.95	25.35-33.80	3.17-4.26	0.27-0.54	1.66-1.12
12	0.66-1.25	47.54-59.90	23.23-32.30	7.20-4.79	0.50-0.37	2.05-1.85
13	0.97-1.15	33.90-39.59	32.80-30.93	3.49-3.44	0.48-0.38	1.03-1.28
14	1.07-1.07	55.79-51.33	26.97-20.91	5.21-4.80	0.36-0.28	2.07-2.45
15	0.68-0.99	43.63-54.55	31.38-31.72	6.42-5.51	0.66-0.46	1.39-1.72
16	1.04-0.96	46.19-48.14	19.81-10.98	4.44-5.02	0.27-0.16	2.33-4.38
17	1.12-1.29	49.83-73.48	29.64-23.46	4.45-5.70	0.38-0.26	1.68-3.13
18	1.14-1.27	68.89-54.95	24.78-25.65	6.04-4.33	0.31-0.29	2.78-2.14
19	0.70-0.89	42.58-45.67	22.23-30.68	6.08-5.13	0.45-0.49	1.92-1.49
20	0.99-0.82	43.09-20.50	28.53-35.10	4.35-2.50	0.41-0.61	1.51-0.58

\*: İlk değerler Mayıs, ikinci değerler ise Ekim ayına ait sonuçları göstermektedir.

1: Organik-C; 2: Mikrobiyel Biyokütle-C; 3: Solunum-C;

4: Mikrobiyel biyokütle C'nun organik C'a oranı; 5: Solunum C'nun organik C'a oranı

6: Birim zamanda solunum C'nun mikrobiyel biyokütle C'nuna oranı (spesifik solunum aktivitesi)

düşüncesiyle birinci açıklama yolu ihmal edilmiştir. Bize göre; sulama sonrası topraklarında % 20-46 arasında değişen oranlarda artan metal konsantrasyonları büyük olasılıkla organik maddenin transformasyonunu engellemiş ve organik C birikiminin meydana gelmesine neden olmuştur. Benzer sonuçlar Berg ve ark (5) ile Chander ve Brookes (10, 11) tarafından da tespit edilmiştir.

Araştırmada toprak solunumu ile ağır metal miktarları arasında da önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Fakat bu ilişkiler spesifik solunum aktivitesinde daha önemli çıkmıştır. Bu sonuçlar; ağır metal içeriği yüksek topraklarda kolay ayrışabilir substratların ilavesinde spesifik solunum aktivitesinde artışlar kaydeden Chander ve Brookes (10)'un sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar bu sonuçları toprak mikroflorasının metabolik olaylarında enerji kullanımı üzerine metallerin direkt toksik etkisine bağlamışlardır. Metaller, mikroorganizmaların gelişim ve yaşamlarını devam ettirmek için gerekli enerji

Çizelge 4. Araştırmada incelenen mikrobiyel parametreler ile ağır metaller arasındaki çoklu korelasyon katsayıları (Kısaltmalar için Tablo 3'e bakınız)

	OC	SOLC	MBC	SOLC:OC	MBC:OC	SOLC:MBC
OC	1.000					
SOLC	0.395**	1.000				
MBC	-0.138	0.137	1.000			
SOLC:OC	-0.623**	0.685**	0.120	1.000		
MBC:OC	-0.560**	0.102	0.574**	0.597**	1.000	
SOLC:MBC	0.440**	-0.728**	0.452**	-0.535**	0.246	1.000
Fe	0.295*	0.346**	-0.034	-0.345**	-0.345**	0.572**
Cu	0.345**	0.299**	-0.162	-0.349**	-0.465**	0.591**
Mn	0.331**	0.301**	-0.282*	-0.431**	-0.362**	0.502**
Zn	0.262*	0.290*	-0.178	-0.295*	-0.492**	0.442**
Cd	0.292*	0.342**	-0.138	-0.334**	-0.388**	0.445**

  

	Fe	Cu	Mn	Zn	Cd
Fe	1.000				
Cu	0.045	1.000			
Mn	0.572**	0.397**	1.000		
Zn	0.206	0.465**	0.541**	1.000	
Cd	0.296*	0.189	0.507**	0.447**	1.000

bölüşümünü bozmakta ve mikroorganizmalar yaşamlarını devam ettirmek için daha fazla karbona ihtiyaç göstermektedirler. Sonuçta biyokütle giren karbon miktarında bir azalma meydana gelmektedir. Chander ve Brookes (10) Zn ve Cu bulaşmış bu topraklarda mikrobiyel biyokütlede de da net bir azalma kaydetmiştir. Bu sonuçlara göre mikrobiyel biyokütle C'u ile ağır metal miktarları arasında önemli ilişkilerin olacağı tahmin edilmiştir. Ancak sadece Mn ile biyokütle arasında önemli negatif bir ilişki belirlenmiştir ( $P \leq 0.05$ ). Diğerlerinde de negatif ilişkiler olmasına karşın bunlar önemli düzeyde çıkmamıştır. Chander ve Brookes (10) sadece 2 toprakta bu sonuçları bulurken, bu araştırmada farklı agronomik geçmişe ve fizikokimyasal özelliklere sahip 20 toprak örneği incelenmiştir. Bu durumda söz konusu farklı özellikler metallerin direkt toksik etkisini maskeleyebilir. Bu nedenle Anderson ve Domsch (3)'ün düşüncesine paralel bir şekilde, farklı çevre koşulları ve tarımsal uygulamalar altındaki topraklarda sadece mikrobiyel biyokütle değerleri ile bir kıyaslama yapılamayacağını fakat toprak organik karbonunda bulunan mikrobiyel biyokütle değerleri ile (MBC:OC) daha sağlıklı bir değerlendirme yapılabileceği düşünülmüştür. Gerçekten de bu oran ile ağır metaller arasında önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir ( $P \leq 0.01$ ).

Araştırma topraklarında belirlenen organik madde birikimi ve yüksek solunum aktivitesi, toprak organik karbonu ile mikrobiyel biyokütle karbonu arasındaki ilişki açısından düşünüldüğünde daha iyi açıklanabilir. Genellikle mikrobiyel biyokütlenin büyüklüğü topraktaki

organik madde miktarına bağlıdır ve farklı araştırmacılara göre mikrobiyel biyokütle-C'u, toprak organik C'nun % 1-4'ünü oluşturmaktadır (9, 2). Brookes ve McGrath (8)'e göre ağır metallere kirlenmiş topraklardaki mikrobiyel karbonun organik karbona oranı azalmaktadır. Bu bulgu; araştırmamızda artan organik C miktarına karşın organik C içindeki biyokütle karbonunun ve solunum karbonunun azalmasını açıklamaktadır (Çizelge 3).

Araştırmadan elde edilen en önemli bulgular şunlardır:

1. Sulama sonucu topraklarda çeşitli oranlarda biriken mevcut metal konsantrasyonları sınır değerlerin altında bile olsa toprağın C döngüsünde bir değişikliğe neden olmuş ve toprak organik maddesinin net mineralizasyonunu azaltmıştır.
2. Spesifik solunum aktivitesi, ekosistemdeki dengenin bir şekilde bozulduğu topraklarda, mikrofloranın C-metabolizmasına ilişkin değişimlerini gösteren önemli bir parametre olmuştur.
3. MBC:OC ve SOL:OC oranları, kimyasal özellikleri ve agronomik geçmişleri farklı toprakları incelemede sağlıklı parametreler olmuş ve özellikle stres koşullarında toprak mikrobiyel metabolizmasının önemli göstergeleri olarak kullanılacaklarını göstermiştir.

### Özet

Bu çalışmada İznik gölü ile sulanan tarım arazilerinde sulamadan kaynaklanabilecek ağır metal kirliliğinin, toprak mikroflorasının C metabolizması ile ilgili mikrobiyel olaylar üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ağır metaller tarafından etkilenmiş toprakların mikrobiyel olaylarında meydana gelen değişiklikleri daha iyi değerlendirebilmek için araştırmada 3 parametreden yararlanılmıştır. Bunlar; spesifik solunum aktivitesi ile biyokütle-C'unun ve solunum C'unun toprak organik karbonuna oranlarıdır. Araştırmada Orhangazi ve İznik ilçelerine ait tarım arazilerinden 20 adet toprak örneği sulama öncesi ve sonrası olmak üzere 2 kez alınmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; incelenen ekofizyolojik parametrelerin, kimyasal özellikleri ve agronomik geçmişleri farklı toprakları incelemede yararlı bilgiler sağlayabilecekleri ve özellikle stres koşullarında toprak mikrobiyel metabolizmasının bir göstergesi olarak kullanıldıklarında önemli olabilecekleri ortaya çıkmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Spesifik solunum aktivitesi, mikrobiyel biyokütle C'unun toprak organik C'una oranı, solunum C'unun toprak organik C'una oranı, ağır metaller.

### Kaynaklar

1. Anderson TH, Domsch KH, 1986. Carbon link between microbial biomass and soil organic matter. In: Megusar F, Gantar M (eds). Proc. of the Forth Int. Symp. On Microbial Ecology. Slovene Society of Microbiology, Ljubljana,467-471.
2. Anderson TH, Domsch KH, 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. Soil Biol. Biochem. 21:471-479.
3. Anderson TH, Domsch KH, 1990. Application of eco-physiological quotients (qCO<sub>2</sub> and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. Soil Biol. Biochem. 22:251-255.

4. 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.
5. Berg B., Ekbohm G., Söderström B., Staaf H., 1991. Reduction of decomposition rates of scots pine needle litter due to heavy metal pollution. *Water air soil Pollut.* 59:165-177.
6. Bouyoucos G.J., 1951. A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of Soil. *Agronomy Journal*, 43:434-437.
7. Bremner J.M., 1965. Total Nitrogen, ed: Black C.A., *Methods of Soil Analysis, Part 2*, American Society of Agronomy Inc., Publ. Madison, U.S.A., 1149-1179.
8. Brookes PC, McGrath SP, 1984. Effects of metal toxicity on the size of the soil microbial biomass. *J. Soil Sci.* 35:341-346.
9. Brookes PC., Ocio JA, Wu J., 1989. The soil microbial biomass: Its measurement, properties, and role in soil nitrogen and carbon dynamics following substrate incorporation. In: Marano B, Miano TM (eds) *Fertilità del terreno e biomassa microbica*. Congedo, Potenza, 29-44.
10. Chander K., Brookes PC., 1991. Effects of heavy metals from past applications of sewage sludge on microbial biomass and organic matter accumulation in a sandy loam and silty loam UK soil. *Soil Biol. Biochem.* 23:927-932.
11. Chander K., Brookes PC., 1993. Residual effects of zinc, copper and nickel in sewage sludge on microbial biomass in a sandy loam. *Soil Biol. Biochem.* 25:1231-1239.
12. Hassink J., 1993. Relationship between the amount and the activity of the microbial biomass in Dutch grassland soils: comparison of the fumigation-incubation method and the substrate-induced respiration method. *Soil Biol. Biochem.* 25:533-538.
13. Isermeyer, H., 1952. Eine Einfache Methode zur Bestimmung der Karbonate im Boden, *Z. Pflanzenern, Düng, Bodenkde*, 105-107.
14. Jackson, M.C., 1960. *Soil Chemical Analysis*. Printice Hall Inc. Englewood Cliffs. N.J.
15. Jenkinson DS, 1988. The determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: Wilson JR (ed) *Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems*. Commonwealth Agricultural Bureau Int., Wallingford, 368-386.
16. Lindsay, W.L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zn, Fe, Mn and Cd, *Soil Science Society America Proceedings*, 42:421-428.
17. Odell RT, Melsted SW, Walker WM, 1984. Changes in organic carbon and nitrogen of Morrow plot soils under different treatments, 1904-1973. *Soil Science* 137:160-171.
18. Richard, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvements Saline and Alkali Soils*. I.S. Dept. Agr. Handbook 60.
19. Valsecchi G., Gigliotti C., Farini A., 1995. Microbial biomass, activity, and organic matter accumulation in soils contaminated with heavy metals. *Biol. Fertil. Soils* 20:253-259.
20. Wolters V, Joergensen RG, 1991. Microbial carbon turnover in beech soils at different stages of acidification. *Soil Biol. Biochem.* 23:897-902.



