

## Fiğ (*Vicia sativa* L.) ve Yonca (*Medicago sativa* L.) ekimi yapılan toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin değerlendirilmesi

İlyas Bolat <sup>1\*</sup>, Hüseyin Şensoy <sup>2</sup>, Davut Özer <sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Soil Science and Ecology, 74100, Bartın, Turkey

<sup>2</sup> Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Watershed Management, 74100, Bartın, Turkey

<sup>3</sup> Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 32260, Isparta, Turkey

\* Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta): [ilyasbolat@bartin.edu.tr](mailto:ilyasbolat@bartin.edu.tr)

Received (Geliş tarihi): 15.04.2015 - Revised (Düzeltilme tarihi): 14.05.2015 - Accepted (Kabul tarihi): 18.05.2015

**Özet:** Baklagil yem bitkileri köklerindeki simbiyotik *Rhizobium* bakterileri ile havadaki serbest azotu bağlayabilme yeteneğine sahiptirler. Diğer taraftan, toprağın canlı bir bileşeni olan ve bitki besin maddesi dinamiğinde çok önemli bir faktör olarak bilinen mikrobiyal biyokütle (MB), toprakların biyolojik durumu hakkında iyi bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Bu noktadan hareket edilerek, bu çalışmada farklı baklagil yem bitkilerine ait toprakların MB C ( $C_{mic}$ ) ve N ( $N_{mic}$ ) içerikleri araştırılmıştır. Fiğ ve yonca yem bitkisi ekili alanlara ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla hacim silindirleri (0 – 6,5 cm derinlik) ile toprak örneği alınmıştır. MB C ve N içeriklerini belirlemek için 0 – 6,5 cm derinlikten üst toprak örnekleri alınmıştır.  $C_{mic}$  ve  $N_{mic}$  içerikleri kloroform-fumigasyon-ekstraksiyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Fiğ ve yonca alanlarında toprakların tane yoğunluğu, hacim ağırlığı, tuzluluk, %  $CaCO_3$  ve C/N oranı arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ( $P > 0,05$ ). Diğer bazı toprak özellikleri (sıcaklık, gözenek hacmi, kum, toz ve kil içerikleri, pH, organik C ile toplam N) istatistiksel farklılık göstermiştir ( $P < 0,05$ ). Toprakların  $C_{mic}$  içeriğinin yonca ekili alanda (YEA) fiğ ekili alandan (FEA) % 27 oranında fazla ( $P < 0,05$ ) olduğu ortaya çıkmıştır. Toprakların  $N_{mic}$  içerikleri, FEA 83,38  $\mu g g^{-1}$  ile 124,67  $\mu g g^{-1}$ , YEA 91,62  $\mu g g^{-1}$  ile 187,07  $\mu g g^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. YEA toprakların ortalama  $N_{mic}$  içerikleri FEA yaklaşık % 35 oranında fazladır ve aralarında önemli ( $P < 0,05$ ) istatistiksel bir fark vardır. Ayrıca, toprakların hem  $C_{mic}$  ile organik C içeriği ( $r = 0,667$ ;  $P < 0,05$ ), hem de  $N_{mic}$  ile toplam N içeriği arasında ( $r = 0,881$ ;  $P < 0,01$ ) pozitif ve önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları farklı yem bitkisi üretimi yapılan topraklarda  $C_{mic}$  ve  $N_{mic}$  değerlerinin farklı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, elde edilen toprak mikrobiyal biyokütle C ve N sonuçları, yonca ekimi yapılan toprakların fiğ ekimi yapılan topraklara göre C ve N bakımından daha zengin olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:**  $C_{mic}$ , mikrobiyal biyokütle,  $N_{mic}$ , tarım alanı, yem bitkisi

## Evaluation of microbial biomass C and N content of the soils cultivated with vetch (*Vicia sativa* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.)

**Abstract:** Legume forage crops have the ability of retaining free nitrogen in the air through symbiotic *Rhizobium* bacteria found in their roots. Additionally, microbial biomass (MB)—an essential living component of soil and a significant factor influencing plant nutrient dynamics—is considered to be accurate indicator of soil's biological condition. Given the aforementioned aspects, soil MB C ( $C_{mic}$ ) and MB N ( $N_{mic}$ ) of different legume forage crops were investigated in this study. Soil samples were taken in order to identify certain physical and chemical characteristics of the soil using volume cylinders (0 – 6.5 cm depth) from *Vicia sativa* L. (VSP) and *Medicago sativa* L. planted (MSP) areas. To determine the  $C_{mic}$  and  $N_{mic}$  contents, topsoil samples were also taken from 0 – 6.5 cm depth.  $C_{mic}$  and  $N_{mic}$  contents were identified using chloroform – fumigation – extraction method. There was no statistical significance for particle density, bulk density, electrical conductivity,  $CaCO_3$  %, and decomposition ratio ( $C_{org}/N_{total}$ ) of the VSP and

**To cite this article (Atıf) :** Bolat, İ., Şensoy, H., Özer, D., 2016. Fiğ (*Vicia sativa* L.) ve yonca (*Medicago sativa* L.) ekimi yapılan toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 244-255. DOI: [10.17099/jffiu.01945](http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.01945)



MSP soil ( $P > 0.05$ ). However, some other soil characteristics such as temperature, porosity, sand, silt and clay contents, pH, organic C and total N differed significantly ( $P < 0.05$ ). Compared to VSP soil, the  $C_{mic}$  contents were determined to be 27 % higher ( $P < 0.05$ ) in MSP soil. In VSP soil, the soil  $N_{mic}$  content ranged from  $83.38 \mu\text{g g}^{-1}$  to  $124.67 \mu\text{g g}^{-1}$ , while it ranged from  $91.62 \mu\text{g g}^{-1}$  to  $187.07 \mu\text{g g}^{-1}$  in MSP soil. The  $N_{mic}$  content of the MSP soil was observed to be approximately 35 % higher than VSP soil, and a statistically significant difference ( $P < 0.05$ ) was noticed between the two. Moreover, a significant positive correlation was found not only between the  $C_{mic}$  and organic C contents ( $r = 0.667$ ;  $P < 0.05$ ) but also between the  $N_{mic}$  and total N contents of MSP and VSP soil ( $r = 0.881$ ;  $P < 0.01$ ). The results of the study revealed that soil  $C_{mic}$  and  $N_{mic}$  values differ as the types of planted legume forage crops change. Furthermore, the obtained soil  $C_{mic}$  and  $N_{mic}$  results indicate that soil MSP soil is more fertile than VSP soil.

**Keywords:**  $C_{mic}$ , microbial biomass,  $N_{mic}$ , agricultural area, forage crops

## 1. GİRİŞ

Havanın azotundan bitkiler doğrudan yararlanamazlar; ancak, toprakta serbest olarak yaşayan ve azot bağlayan “*Rhizobium* bakterileri” bunu tespit ederek azotlu bileşikler halinde toprağa verebilirler. Havanın serbest azotundan yararlanabilen bu bakteriler baklagil bitki köklerinde ortak yaşayabilmektedirler. Bitkilerin istifade edebildiği azot formları toprakta çoğunlukla amonyum ( $\text{NH}_4$ ) ve nitrat ( $\text{NO}_3$ ) iyonları halinde bulunur. Türkiye’de çoğu tek yıllık olmak üzere 900’ün üzerinde baklagil türü bulunmaktadır (Davis, 1970). 400’e yakın tür ile geven, çeşitliliği en fazla olan baklagil türüdür. Baklagillerden fiğ 59, yonca ise 30 türle Türkiye’de yayılış göstermektedir (Cocks, 1993). Doğal meralarda bitki sistematiğine bağlı olmayarak yapılan gruplandırma içerisinde yonca ilk sırada, geven (*Astragalus* sp.) son sırada ve fiğ ise dördüncü sırada yer almaktadır (Uluocak, 1984). Yem bitkisi yayılış alanı bakımından değerlendirildiğinde ise fiğ ilk sırayı, yonca ise ikinci sırayı almaktadır (Açıkgöz, 1988). Bir, iki ve çok yıllık olan fiğin yaprak, gövde ve yeşil baklaları çok iyi nitelikte hayvan yemidir. Kışa ve kurağa az dayanıklı, hafif kireçli, balçık ve killi topraklarda iyi gelişim göstermektedir. Ana kök fazla derine inmemekte, bol yan kök yapmaktadır. Yoncalar genellikle bir veya çok yıllık, otsu bitkilerdir. Çok kuvvetli, derine giden kazık köke sahip oldukları için kuraklığa dayanma ve toprak koruma yönünden yararlı, ayrıca yem değeri üstün bitkilerdir. Anadolu’da yonca daha çok yem (kuru ot) elde etmek amacıyla ekilmekte ve bu yüzden yonca ekilen yerlere “Yoncalık” adı verilmektedir. Ekildikten sonra senelerce biçilebilmekte ve normal olarak 7–10 sene ürün alınabilmektedir. İyi, geçirgen ve nötr reaksiyonlu topraklarda çok iyi gelişim göstermektedir (Uluocak, 1984).

Toprak mikrobiyal biyokütlesi  $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^3$ ’den daha büyük bitki kökleri ve toprak hayvanları hariç toprak organik maddesinin yaşayan bir parçası olarak tanımlanmaktadır (Jenkinson ve Ladd, 1981). Diğer bir ifade ile yaklaşık  $10 \mu\text{m}^3$ ’den daha küçük olan ve toprakta yaşayan organizmalara toprak mikrobiyal biyokütlesi adı verilmektedir (Schloter ve ark., 2003). Büyük bir çoğunluğu bakteri ve mantarlardan meydana gelen fakat aktinomiset, protozoa, alg ve virüslerin de bu gruba dahil edildiği toprak mikrobiyal biyokütlesi, karbon (C) depolaması, enerji akışı, ayrıştırma ve küçük miktarda da olsa gaz akışı gibi ekosistem süreçlerini düzenleyen çok önemli bir olgudur. Bu grup içinde bakteri ve mantarlar hem biyokütle hem de metabolizma faaliyetleri ile alakalı en yaygın organizmalardır (Anderson ve Domsch, 1973; Parkinson ve Coleman, 1991; Cleveland ve ark., 2004). Canlı bir varlık olan toprak mikrobiyal biyokütlesi özellikle bitki ve hayvan artıklarındaki artış ve azalışlar başta olmak üzere, toprakta meydana gelen değişikliklere toprak organik maddesinden çok daha hızlı tepki göstermektedir. Dolayısıyla toprak yönetiminden kaynaklanan mikrobiyal biyokütlerdeki ölçülebilir değişiklikler, toprak verimliliğinde meydana gelen değişiklikleri yansıtılmaktadır (Brookes, 2001). Diğer bir anlatım ile toprak yönetimi ve çevresel streslerden dolayı toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimlerin bir göstergesi (indikatörü) olarak kullanılabilir (Moore ve ark., 2000). Organik madde toprağın çok önemli bir bileşenidir. Toprak mikrobiyal biyokütlesi organik maddenin aktif ve yaşayan bir unsurudur. Toplam toprak C miktarının sadece % 1–3’ünü toprak mikrobiyal biyokütle C meydana getirirken, toplam toprak N içeriğinin % 5’i mikrobiyal biyokütle N tarafından oluşturulmaktadır. Böylelikle mikrobiyal biyokütle, bitki besin maddelerinin hem depolandığı bir havuz hem de gerekli durumlarda kullanılmak üzere kaynağı durumundadır. Mikrobiyal biyokütle toprak gelişim süreci boyunca meydana gelen organik madde birikimine paralel bir seyir göstermektedir (Jenkinson ve Ladd, 1981; Singh ve ark., 1989; Smith ve Paul, 1990; Diaz-Ravina ve ark., 1993). Mikrobiyal biyokütlenin bu özellikleri ve faydalarından dolayı toprak

mikrobiyal biyokütle ölçümü arazi kullanım biçimlerinde ileride meydana gelebilecek değişiklikleri tahmin etmek ve anlayabilmek için çok değerli bir araçtır (Sharma ve ark., 2004).

Toprağın işlenmesi, ekimi, farklı ürünlerin yetiştirilmesi ve ürün değişimi gibi tarım faaliyetleri, toprağa giren bitki artıklarının kalite ve miktarını değiştirerek toprak mikroorganizmaları ile mikroorganizmaların mekansal dağılımını ve beraberinde topraktaki mikrobiyal süreçleri etkilemektedir (Christensen, 1996). Mikrobiyal biyokütle ve biyokütle faaliyeti ile enzim aktiviteleri gibi bazı mikrobiyal toprak özellikleri; toprağın kalite ve sağlığının izlenmesinde biyolojik gösterge olarak kullanılmaktadır (Schloter ve ark., 2003). İfade edilen açıklamalar ışığında, bu çalışmanın üç amacı bulunmaktadır: Bu amaçlar (1) fiğ ve yonca ekimi yapılan tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, (2) baklagil yem bitkileri ekilen toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin araştırılması ve (3) toprakların organik C ve toplam N içerikleri ile mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasıdır. Bu amaçları gerçekleştirebilmek için Bartın ilinde fiğ ve yonca ekimi yapılan tarım topraklarının 0–6,5 cm derinlik kademesinden toprak örnekleri alınmıştır. Örneklerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen bulgular daha önce yapılmış, bu çalışma ile benzerlik gösteren diğer çalışmalardaki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

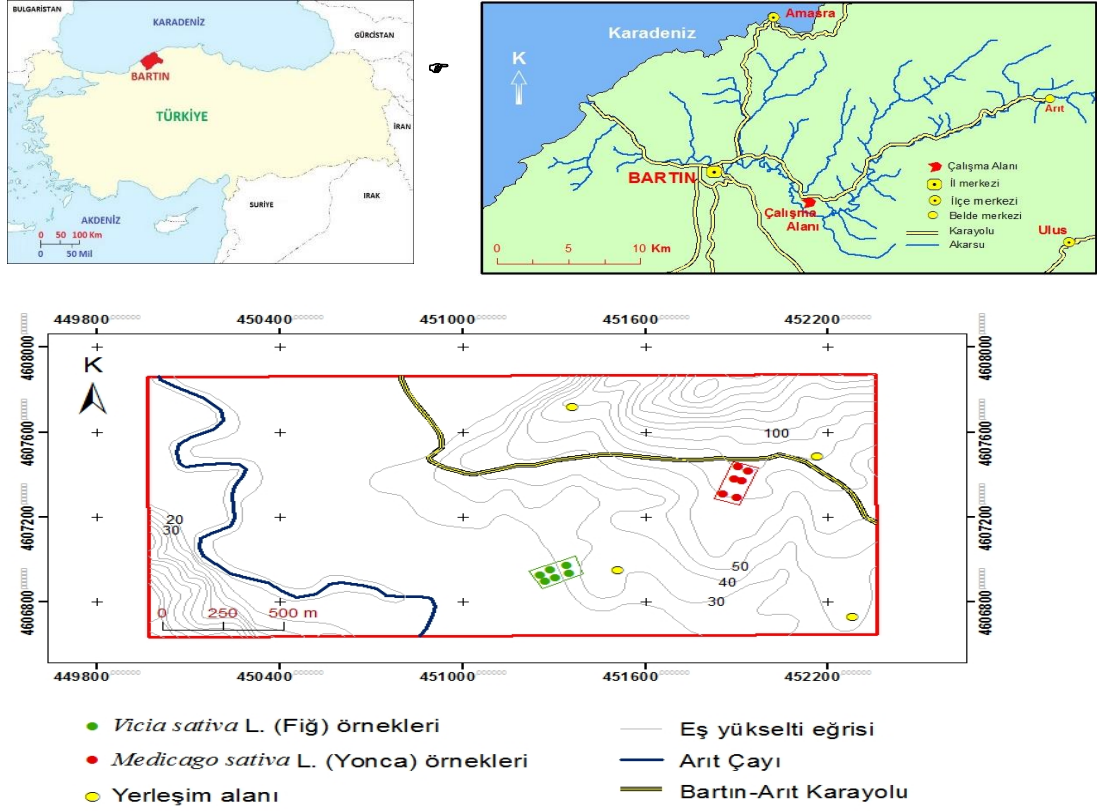
## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Araştırma Alanının Yeri

Araştırma alanı, Türkiye'nin kuzeyinde Batı Karadeniz bölgesinde yer alan Bartın ili sınırları içinde bulunmaktadır. Bartın şehir merkezinin kuş uçuşu 7 km doğusunda konumlanan araştırma alanı, Bartın-Arıt karayolunun güneyinde, Bartın Irmağı'nın üç büyük kolundan biri olan Arıt Çayı ile Bartın-Arıt karayolunun arasında yer almaktadır (Şekil / Figure 1). Üzerinde yonca ekimi yapılan arazi karayoluna bitişik ve % 10 eğime sahip olup, deniz seviyesinden ortalama yükseltisi 75 metre ve bakışı güneydir. Alanın büyüklüğü yaklaşık 1576 m<sup>2</sup>'dir. Fiğ ekilen alan, Arıt Çayına daha yakın bir konumda ve yeryüzü şekli düzlük olup, Bartın-Arıt karayolunun 600 m güneyinde yer almaktadır. Deniz seviyesinden ortalama yükseltisi 20 metredir. Alanın büyüklüğü yaklaşık 1424 m<sup>2</sup>'dir. Çalışma alanlarında 200–250 m<sup>2</sup> de alanı temsil edecek şekilde örnekleme yapılmıştır. Toprak örneklerinin alındığı fiğ ve yonca alanlarının detaylı konum tanıtımını gösteren harita Şekil / Figure 1'de görülmektedir.

### 2.2 Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri

Fiğ ve yonca ekili toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için hacim silindirleri (çap: 8,1 cm; derinlik: 6,5 cm) ile her örnek alanından 6'şar adet bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Çalışma alanından alınan topraklar hava kuru hale getirildikten sonra öğütülmüş, elenmiş ve daha sonra analizlere geçilmiştir. Toprak örneklerinin nem içeriği 105 °C'de en az 24 saat süreyle kurutularak gravimetrik olarak belirlenmiştir (Gülçur, 1974). Hacim silindirleriyle alınan toprak örnekleri öncelikle 105 C sıcaklıkta kurutularak fırın kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Fırın kuru ağırlıkların silindir örneğinin hacmine oranı ile örneklerin hacim ağırlıkları "g cm<sup>-3</sup>" olarak hesaplanmıştır (Irmak, 1954). Örneklerin tane yoğunluğu toprak ile suyun yer değiştirme esasına göre hesaplanmıştır (Blake, 1965). Toprakların gözenek hacmini doğrudan doğruya belirlemek çok güç olduğu için toprakların tane yoğunlukları ve hacim ağırlıklarından yararlanarak örneklerin gözenek hacimleri hesaplanmıştır (Çepel, 1996; Kantarcı, 2000). Toprak örneklerinde kum, toz ve kil yüzdeleri Bouyoucos hidrometre metodu ile tayin edilmiştir. Toprak türlerinin belirlenmesi uluslararası tane çapı sınıflarına göre yapılmıştır (Bouyoucos, 1962; Gülçur, 1974). pH 1:2.5 oranındaki toprak-saf su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre, elektriksel iletkenlik (EC) 1:5 oranındaki toprak-saf su süspansiyonunda iletkenlik ölçer ve kireç Scheibler kalsimetresiyle belirlenmiştir (Gülçur, 1974; Eruz, 1979; Kacar, 1996). Toprak örneklerinin organik karbon içeriği Walkley-Black ıslak yakma yöntemine (Walkley ve Black, 1934), toplam azot içeriği ise modifiye Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Rowell 1994; Kacar, 1996). Toprak sıcaklığı 0–6,5 cm toprak derinliğinden termometre ile doğrudan ölçülmüştür.



Şekil 1. Fığ (*Vicia sativa* L.) ve yonca (*Medicago sativa* L.) ekimi yapılan alanların detaylı tanımını gösteren harita  
Figure 1. Location map of the study sites cultivated with *Vicia sativa* L. and *Medicago sativa* L.

### 2.3 Mikrobiyal Biyokütle C ( $C_{mic}$ ) ve N ( $N_{mic}$ )

Mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerini belirlemek için alınan üst toprak örnekleri (0–6,5 cm) arazide yaş olarak 2 mm'lik elekten elenmiş ve nemlerini kaybetmemeleri için plastik poşetlere konulmuştur. Örnekler mikrobiyal biyokütle analizleri yapıncaya kadar soğutucuda (+4 C) saklanmıştır. Toprak mikrobiyal biyokütle C içerikleri kloroform-fumigasyon-ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (Brookes ve ark., 1985; Vance ve ark., 1987). Bu yöntemle göre 8 mL çözelti, 2 mL 0,066 M potasyum dikromat, 70 mg civa oksit, 10 mL % 98 lik sülfirik asit ve % 85 lik 5 mL fosforik asit karıştırılmış ve 150°C de 30 dk yakılmıştır. Yakma işleminden sonra 25 mL saf su ile sulandırılan toprak örnekleri 0.4 N demir (II) amonyum sülfat çözeltisi ve 1.10 fenantrolin-demir sülfat indikatörü kullanılarak titre edilmiştir. Mikrobiyal biyokütle C ( $C_{mic}$ ) içeriği Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Mikrobiyal biyokütle C } (C_{mic}) = E_c * kC \quad (1)$$

Eşitlikteki  $E_c$  = Fumigasyonlu ve fumigasyonsuz toprak örneğinin mikrobiyal biyokütle C içeriği arasındaki farkı (C fumigasyonlu - C fumigasyonsuz),  $kC$  = 2.64 (fumigasyondan sonra ekstrakt edilebilen biyokütle C kısmı) katsayısını ifade etmektedir (Vance ve ark., 1987).

Toprak mikrobiyal biyokütle N içeriği kloroform-fumigasyon-ekstraksiyon yöntemi kullanılarak Kjeldahl digestion-destilasyon-titrasyon metoduna göre belirlenmiştir (Brookes ve ark., 1985, Anderson ve Ingram 1996). Bu yöntemle göre 50 mL çözelti, 1 mL 0.2 M bakır sülfat ve 10 mL % 98 lik sülfirik asit karıştırılmış ve 380°C de 180 dk yakılmıştır. Yakma işleminden sonra bu çözelti 250 mL ye saf su ile tamamlanmış ve bu örnekten 50 mL alınarak 10 M 15 mL sodyum hidroksit ve % 2 lik 5 mL borik asit ile 2 dk destilasyon ünitesinde destilasyon yapılmıştır. Elde edilen damıtılmış sıvı çözeltiliye 10 damla brome-kroze indikatörü

damlatılarak 0.00714 N sülfürik asit ile titre edilmiştir. Eşitlik 2'ye göre de örneklerin mikrobiyal biyokütle N ( $N_{mic}$ ) içeriği hesaplanmıştır.

$$\text{Mikrobiyal biyokütle N } (N_{mic}) = FN/kN \quad (2)$$

Eşitlikteki FN= Fumigasyonlu ve fumigasyonsuz toprak örneğinin mikrobiyal biyokütle N içeriği arasındaki farkı (N fumigasyonlu-N fumigasyonsuz), kN= Mineralize olabilen mikrobiyal biyokütle azotunun katsayısını belirtmektedir (0.54).

Hem fiziksel-kimyasal hem de mikrobiyal biyokütle C ve N için toprak örneği alınacak noktaların herhangi bir etkiye uğramamış, doğal durumunu koruyan yerler olmasına özen gösterilmiştir. Örnek alınan noktalar basit rastgele örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Laboratuvarında yapılan bütün analizler iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

## 2.4 İstatistik Analiz

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16.00 paket programı kullanılmıştır. Fiğ ve yonca ekili toprakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ( $C_{mic}$  ve  $N_{mic}$ ) arasında fark olup olmadığı bağımsız iki örnek testi ( $t$  testi) ile belirlenmiştir. Farklılığın belirlenmesinde % 95 güven düzeyi kullanılmıştır. Organik C ile mikrobiyal biyokütle C ve toplam N ile mikrobiyal biyokütle N arasındaki ilişkilerin ortaya konulması için korelasyon analizi yapılmıştır (Özdamar, 1999; Altunışık ve ark., 2002).

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1 Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri

Fiğ ve yonca ekili toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ile standart hatalar Tablo / Table 1 'de verilmiştir. Toprakların hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, kireç, tuz ve C/N oranı değerleri arasında istatistiksel fark olmadığı ( $P > 0,05$ ), buna karşılık gözenek hacmi, kum, toz, kil, toprak sıcaklığı, higroskopik nem, toprak reaksiyonu, organik C ve toplam N gibi diğer bazı özellikleri arasında istatistiksel ( $P < 0,05$ ) fark olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Fiğ ve yonca ekili toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (0- 6,5 cm)  
Table 1. Some physical and chemical properties of soils cultivated with *Vicia sativa* L. and *Medicago sativa* L. (0-6.5 cm)

Toprak Özellikleri	Fiğ Ekili Alan	Yonca Ekili Alan
Tane yoğunluğu ( $g\ cm^{-3}$ )	2,58 ( $\pm 0,02$ ) <sup>a</sup>	2,55 ( $\pm 0,01$ ) <sup>a</sup>
Hacim ağırlığı ( $g\ cm^{-3}$ )	1,26 ( $\pm 0,01$ ) <sup>a</sup>	1,34 ( $\pm 0,03$ ) <sup>a</sup>
Gözenek hacmi (%)	51,09 ( $\pm 0,67$ ) <sup>a</sup>	47,34 ( $\pm 1,28$ ) <sup>b</sup>
Kum (%)	14,59 ( $\pm 0,59$ ) <sup>a</sup>	31,70 ( $\pm 3,24$ ) <sup>b</sup>
Toz (%)	19,30 ( $\pm 0,22$ ) <sup>a</sup>	15,40 ( $\pm 1,03$ ) <sup>b</sup>
Kil (%)	66,10 ( $\pm 0,65$ ) <sup>a</sup>	52,88 ( $\pm 2,77$ ) <sup>b</sup>
Toprak türü	Kil (Ağır kil)	Kil (Ağır kil)
Toprak sıcaklığı (°C)	24,58 ( $\pm 0,33$ ) <sup>a</sup>	23,71 ( $\pm 0,17$ ) <sup>b</sup>
Örnekleme Anındaki Higroskopik Nem (%)	20,66 ( $\pm 0,58$ ) <sup>a</sup>	25,26 ( $\pm 1,01$ ) <sup>b</sup>
Toprak reaksiyonu (pH) (H <sub>2</sub> O)	8,16 ( $\pm 0,03$ ) <sup>a</sup>	7,94 ( $\pm 0,09$ ) <sup>b</sup>
Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) (%)	4,32 ( $\pm 0,33$ ) <sup>a</sup>	4,89 ( $\pm 0,54$ ) <sup>a</sup>
Toprağın tuz içeriği ( $dS\ m^{-1}$ )	1,47 ( $\pm 0,08$ ) <sup>a</sup>	1,61 ( $\pm 0,12$ ) <sup>a</sup>
Organik C (%)	1,27 ( $\pm 0,03$ ) <sup>a</sup>	1,55 ( $\pm 0,07$ ) <sup>b</sup>
Toplam N (%)	0,25 ( $\pm 0,004$ ) <sup>a</sup>	0,28 ( $\pm 0,002$ ) <sup>b</sup>
Ayrışma oranı ( $C_{org}/N_{toplam}$ )	5,11 ( $\pm 0,06$ ) <sup>a</sup>	5,48 ( $\pm 0,24$ ) <sup>a</sup>

Aynı satırdaki farklı harfler (a, b) ortalamalar arasında önemli fark ( $P < 0,05$ ) olduğunu göstermektedir. Değerler 12 örneğin ortalamasını temsil etmektedir ( $\pm$  Standart hata).

Daha önce yapılan çalışmalar (Brady, 1990; Plaster, 1992) toprak tane yoğunluğunun toprağı meydana getiren minerallerin kristal yapısı ve kimyasal kompozisyonu ile toprağın içerdiği organik C (organik

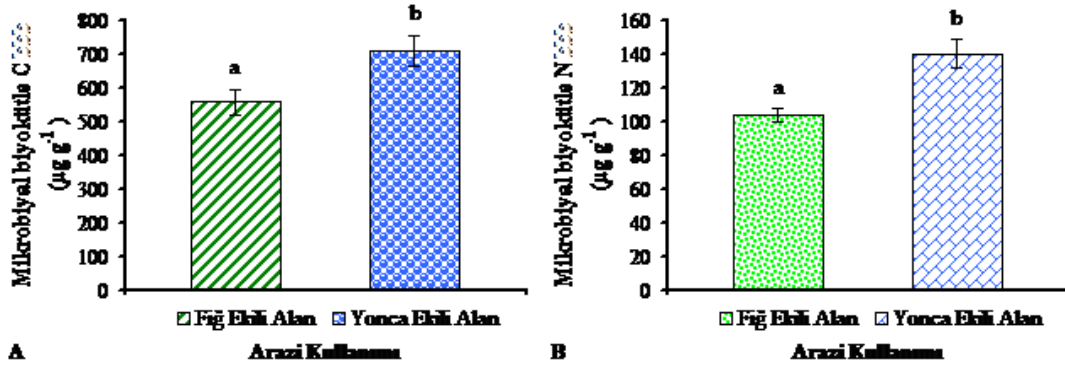
madde) içeriğine bağlı olduğunu bildirmektedir. Organik madde içeriği düşük olan toprakların tane yoğunluğu yüksek olmaktadır. Fiğ ekili alan toprağının tane yoğunluk değerinin yüksek olması, alanda organik C içeriğinin düşük olmasından kaynaklanabilir. Toprakların hacim ağırlık değeri fiğ ekili alanda düşük, yonca ekili alanda yüksek tespit edilmiştir. Buna karşılık toprakların gözenek hacim değeri fiğ ekili alanda daha yüksektir (Tablo / Table 1). Alanlar arasında gözenek hacmi bakımından istatistiksel ( $P < 0,05$ ) fark vardır. Toprak örneklerinin hacim ağırlığı ve gözenek hacmi arasında görülen bu farklılığın alanların ekime hazırlanması (arazi hazırlığı) ve ekim esnasında yapılan faaliyetler sonucu toprakların sıkışması ile ilişki olabileceği de düşünülebilir. Daha önce yapılan çalışmalarda toprağın hacim ağırlığı ile gözenek hacmi arasında ters orantılı bir ilişkinin olduğu vurgulanmakta, sıkışan toprakların daha fazla hacim ağırlığına sahip olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca, toprağın hacim ağırlığını ve gözenek hacmini etkileyen faktörlerden bazılarının toprak tekstürü (kum, toz ve kil oranları), organik madde içeriği, toprak derinliği ve arazi kullanım (orman, mera ve tarım) biçimi olduğu bildirilmektedir (Brady, 1990; Çepel, 1996; Coyne ve Thompson, 2006). Bu açıdan değerlendirildiğinde toprakların hacim ağırlığı ve gözenek hacmi değerleri yukarıda ifade edilen sonuçlarla uyumludur. Çalışma alanlarının toprak türleri benzer özellikte ve alanlarda killi (ağır kil) toprak geniş yayılış göstermektedir. Toprakların % kum içeriği fiğ ekili alanda, % kil içeriği ise yonca ekili alanda daha düşük bulunmuştur.

Toprak sıcaklığı fiğ ekili alanda, yonca ekili alandan  $0,87\text{ }^{\circ}\text{C}$  daha yüksek, örnekleme anındaki higroskopik nem ise % 4,6 oranında düşük bulunmuştur. Fiğ ekili alanda toprak sıcaklığının yüksek, buna karşılık örnekleme anındaki toprak neminin düşük tespit edilmesinde, fiğ ekili alanda üzerinde yonca ekili alana göre daha az vejetasyon bulunmasının etkisi olabilir. Kantarcı (2000) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre, çalışma alanı toprak reaksiyonu fiğ ekili alanda orta derecede alkalin ve yonca ekili alanda hafif alkalin özelliği göstermektedir. Crews ve Peoples (2004) bazı baklagil bitkilerinin topraktaki katyonları yüksek konsantrasyonda almalarından dolayı bitki rizosfer bölgesinde  $\text{H}^+$  iyonlarının serbest kaldığını ve hasat sonrasında toprağın asitleşmeye başladığını vurgulamaktadır. Yonca ekili alanda toprak reaksiyonunun daha düşük bulunması yukarıda ifade edilen sonuçla açıklanabilir. Toprakların kireç içeriği % 4–8 sınır değerleri arasında olduğundan, orta kireçli toprak kategorisindedir (Kacar, 1996). Topraklar  $4\text{ dS m}^{-1}$  sınır değerinden yüksek elektriksel iletkenliğe sahipse tuzlu toprak olarak sınıflandırıldığından (Sumner, 1995), çalışma alanlarının ait toprağı tuzlu toprak kabul edilmemektedir.

Toprakların organik C değerlerinin fiğ ekili alanda % 1,13–1,50 (ortalama % 1,27); yonca ekili alanda % 1,10–1,94 (ortalama % 1,55) arasında değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu sonuç yoncanın fiğe göre bol ve besi değeri yüksek ürün vermesiyle ilişkili olabilir (Uluocak, 1984). Nitekim yapılan bir çalışmada toprak organik C içeriğinin artmasına çoğunlukla alan üzerindeki bitki artıklarından toprağa fazla miktarda C girmesinin neden olduğu ifade edilmektedir (Raiesi, 2007). Toprak azotunun önemli bir kısmı üst toprakta, humin maddeleri, bitki artıkları, biyokütle ve ölü organizmalarda organik formda (genellikle % 95'ten fazla) bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle, topraktaki azotun kaynağı esas itibarıyla bitki artıklarından oluşmuş ölü örtüdür (Özbek ve ark., 2001). Bu çalışmada toprakların toplam azot içeriği yonca ekili alanda daha (% 12) yüksektir. Dolayısıyla, her iki tür bitki de köklerinde azot bağlayan bakteriler bulundurmasına rağmen (Crews ve Peoples, 2004; Raiesi, 2007), yonca ekili alanın daha yüksek azot içeriğine sahip olması, bu türün biyolojik olarak kökleri ile havadan daha fazla azotu fiske ettiğini göstermektedir. Bu bağlamda, yonca fiğe göre toprağın azot yönünden zenginleşmesine daha fazla katkı sağlamaktadır. Genel olarak,  $C_{\text{org}}/N_{\text{toplam}}$  oranı 15'ten küçükse ayrışmanın hızlı olduğu, 15–25 arasında ise ayrışmanın yavaşladığı ve 25'ten büyükse ayrışmanın zaman zaman engellendiği ifade edilmektedir (Kantarcı, 2000). Çalışma yapılan toprakların  $C_{\text{org}}/N_{\text{toplam}}$  oranları incelendiğinde organik maddenin hızla ayrıştığı görülmektedir. Bu durum, azot içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim yapılan çalışmalarda yüksek kaliteli bitki artıklarının (yüksek azot içeriği, düşük lignin ve selüloz içeriği, düşük  $C_{\text{org}}/N_{\text{toplam}}$  oranı ile lignin/ $N_{\text{toplam}}$  oranı) genellikle daha hızlı ayrıştığı ve N mineralizasyonunun daha hızlı olduğu belirtilmektedir (Lupwayi ve Haque, 1998; Raiesi, 2006). Diğer taraftan, toprak organik maddesinin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileşmesine sağladığı önemli katkıdan dolayı, hızlı bir şekilde ayrışması da arzu edilmeyen bir durumdur (Sparling, 1997).

### 3.2 Mikrobiyal Biyokütle C ( $C_{mic}$ ) ve N ( $N_{mic}$ ) İçerikleri

Toprak mikroorganizmaları bitki besin maddeleri döngüsün ve toprak strüktürünün oluşmasında; dolayısıyla toprak verimliliğinin artmasında çok önemli rol oynamaktadır (Roldan ve ark., 1994; Alvear ve ark., 2005). Bu yüzden mikrobiyal biyokütle, organik maddenin içerdiği kükürt, fosfor, azot, karbon gibi bitki besin elementlerinin hem havuzu hem de kaynağı durumundadır. Organik C, N, P, S Mikrobiyal Biyokütle  $CO_2$ , mineral N, mineral P, mineral S ilişkisi; mikrobiyal biyokütle sayesinde organik halde bulunan maddelerin mineral hale, mineral halde bulunanların da organik hale geçerek birbirlerine dönüştüğünü göstermektedir (Jenkinson ve Ladd, 1981; Tunlid ve White, 1992). Bu çalışmada fiğ ekili alanda mikrobiyal biyokütle C  $347,49 \mu g g^{-1}$  ile  $714,37 \mu g g^{-1}$  arasında değişim gösterirken; ortalama değer  $558,07 \mu g g^{-1}$  bulunmuştur. Buna karşılık yonca ekili alanda mikrobiyal biyokütle C  $438,20 \mu g g^{-1}$  ile  $896,20 \mu g g^{-1}$  arasında değişim göstermiş; ortalama değer  $709,27 \mu g g^{-1}$  bulunmuştur (Şekil / Figure 2A). Fiğ ekili alanda mikrobiyal biyokütle N  $83,38 \mu g g^{-1}$  ile  $124,67 \mu g g^{-1}$  arasında değişim göstermiş, ortalama değer  $103,67 \mu g g^{-1}$  bulunmuştur. Yonca ekili alanda ise mikrobiyal biyokütle N  $91,62 \mu g g^{-1}$  ile  $187,07 \mu g g^{-1}$  arasında değişim göstermiş, ortalama değer  $140,26 \mu g g^{-1}$  bulunmuştur (Şekil / Figure 2B). Toprakların mikrobiyal biyokütle C içeriği yonca ekili alanda fiğ ekili alandan % 27, mikrobiyal biyokütle N içeriği ise % 35 oranında fazla bulunmuştur.



Şekil 2. Fiğ ve yonca ekili alanlarda mikrobiyal biyokütle C (A) ve N (B) içeriğinin değişimi. Farklı harfler (a, b)  $P < 0,05$  önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir

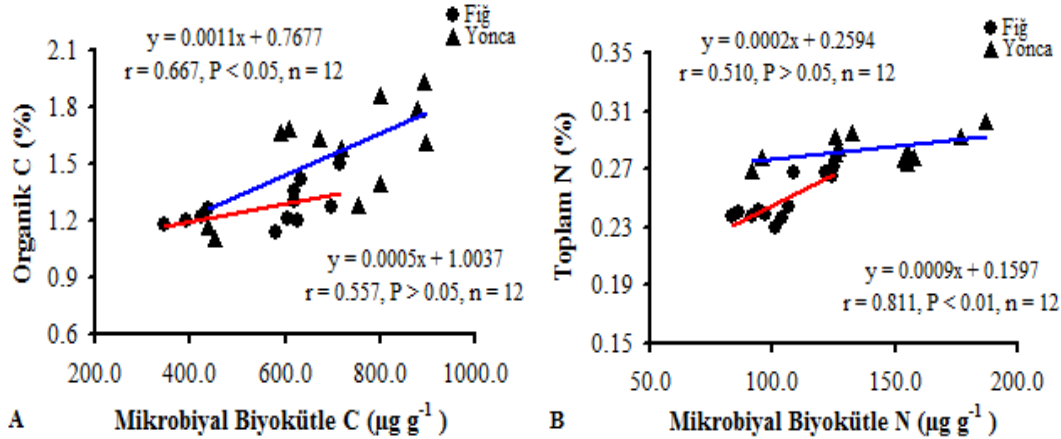
Figure 2. The change of microbial biomass C (A) and N (B) content in areas cultivated with *Vicia sativa* L. and *Medicago sativa* L. Different letters (a, b) indicate that there are difference among averages at  $P < 0.05$  significance level

Yonca ekili toprakların daha fazla organik C (organik madde) içermesi ile higroskopik nemin fazla olması (Tablo / Table 1) mikrobiyal biyokütle C ve N içeriğinin yüksek bulunmasının nedeni olabilir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalardan ortaya çıkan sonuçlar bu görüşü doğrulamaktadır. Chen ve ark. (2000) tarafından farklı arazi kullanım biçimlerinde (orman ve mera) yapılan çalışmada organik maddenin tipi ve miktarının toprak mikrobiyal biyokütlesinde farklılıklara sebep olduğu bildirilmektedir. Başka bir çalışmada toprak nemi ve sıcaklığının karbon mineralizasyon oranını, mikrobiyal biyokütlenin tür kompozisyonunu ve topraktan besin alınmasını etkileyebildiği ifade edilmektedir (Bauhus ve Khanna, 1999). Birçok araştırmacıya göre toprak mikrobiyal biyokütlesinin miktarı ve faaliyeti üzerine toprak organik maddesinin çok fazla etkisi vardır (Jenkinson, 1988; Arunachalam ve Arunachalam, 2000; Patel, ve ark., 2010). Nitekim Bastida ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada organik maddenin toprak strüktürünü iyileştirdiği ve böylelikle de toprakta mikrobiyal faaliyetin arttığı vurgulanmaktadır. Benzer şekilde toprak ekim ve yönetim faaliyetlerinin toprağın mikrobiyal biyokütle C ve N gibi birçok biyolojik özelliklerini etkileyen uygulamalar olduğu bildirilmektedir. Bu değişimin nedeni olarak yapılan uygulamalar ve faaliyetler neticesinde toprağa değişen miktarlarda organik madde girişinin olması şeklinde açıklanmıştır (Marinari ve ark., 2006; García-Orenes ve ark., 2010). Diğer taraftan Bending ve ark. (2000) içlerinde fiğ bitkisinin de bulunduğu kış buğdayı (*Triticum aestivum* L.), İtalyan ryegrass (*Lolium perenne* L.) ve ak üçgül (*Trifolium repens* L.) gibi bitkiler ile yapılan tarımsal faaliyet sonrasında, toprak mikrobiyal biyokütle N içeriklerinde herhangi bir değişiklik olmadığını ifade etmektedir. Çalışmada bu duruma toprak

mikrobiyal biyokütlesi için hazır enerji kaynağı olan toplam organik madde miktarında herhangi bir değişiklik olmaması sebep gösterilmektedir.

Brookes ve ark. (1984) tarafından yapılan çalışmada 6 farklı tarım alanında üst toprakların mikrobiyal biyokütle C içerikleri araştırılmıştır. Çalışmada mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin 99–492  $\mu\text{g g}^{-1}$  arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Bartın yöresinde yapılan bir çalışmada (Bolat 2007) mısır (*Zea mays* L.) ve buğday (*Triticum vulgare* L.) tarımı yapılan tarım topraklarının mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin 297,18–682,04  $\mu\text{g g}^{-1}$  (ortalama 485,10  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) arasında değişiklik gösterdiği bulunmuştur. Diğer taraftan, Patel ve ark. (2010) şeker kamışı (*Saccharum officinalae*), mısır (*Zea mays*) ve nohut (*Cicer aurentum*) tarımı yapılan topraklarda mikrobiyal biyokütle N'un 23,8–51,4  $\mu\text{g g}^{-1}$  arasında olduğunu bildirmektedir. Başka bir çalışmada ise mısır (*Zea mays* L.) ve buğday (*Triticum vulgare* L.) tarımı yapılan toprakların mikrobiyal biyokütle N içeriklerinin 18,00–84,81  $\mu\text{g g}^{-1}$  (ortalama 42,60  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) arasında değişiklik gösterdiği bildirilmektedir (Bolat, 2007). Bu çalışma sonucunda elde edilen ortalama mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin yukarıda belirtilen benzer araştırma sonuçlarından yüksek olması, farklı toprak özellikleri ve vejetasyon tipine göre mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin değişkenlik göstermesi şeklinde açıklanabilir.

Organik maddenin ayrışmasında etkili olan toprak mikrobiyal biyokütle C ile organik C arasında yonca ekimi yapılan topraklarda pozitif ve anlamlı ( $r = 0,667$ ,  $P < 0,05$ ) bir ilişki olduğu görülmektedir. Buna karşılık fiğ ekili toprakların mikrobiyal biyokütle C ile organik C içerikleri arasındaki korelasyon pozitif ve doğrusal olmasına rağmen anlamlı ( $r = 0,557$ ,  $P > 0,05$ ) değildir (Şekil / Figure 3A). Benzer şekilde yonca ekili toprakların toplam N içerikleri ile mikrobiyal biyokütle N içerikleri arasındaki korelasyon pozitif ve doğrusal olmasına rağmen anlamlı ( $r = 0,510$ ,  $P > 0,05$ ) değildir. Ancak fiğ ekili toprakların toplam N içerikleri ile mikrobiyal biyokütle N içerikleri arasında pozitif ve anlamlı ( $r = 0,811$ ,  $P < 0,01$ ) bir ilişkinin olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil / Figure 3B). Bu sonuçlar toprakların organik C ve N içeriklerinin artmasıyla mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin de artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum toprakta yaşayan küçük canlıların C ve N ihtiyaçlarının büyük bir kısmını toprak organik maddesinden karşıladığı sonucunu ortaya koymaktadır. Bu konuda yapılmış çalışmalar incelendiğinde benzer yönde sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Sharma ve ark. (2004) mikrobiyal biyokütle C ile organik C ( $r = 0,649$ ,  $P < 0,0005$ ) ve mikrobiyal biyokütle N ile toplam N arasında ( $r = 0,826$ ,  $P < 0,0005$ ) pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu vurgulamaktadır. Wright ve ark. (2005) tarım alanlarında mikrobiyal biyokütle C ile organik C ( $r = 0,63$ ,  $P < 0,05$ ) ve mikrobiyal biyokütle N ile toplam N arasında ( $r = 0,81$ ,  $P < 0,05$ ) pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 3. Fiğ ve yonca ekili alanlarda organik C ile mikrobiyal biyokütle C (A) ve toplam N ile mikrobiyal biyokütle N (B) arasındaki korelasyon

Figure 3. The correlation between organic C and microbial biomass C (A) and total N and microbial biomass N (B) in areas cultivated with *Vicia sativa* L. and *Medicago sativa* L.



#### 4. SONUÇLAR

Fiğ ve yonca ekili toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde (gözenek hacmi, toprak sıcaklığı, higroskopik nem, kum, toz ve kil yüzdeleri, organik C ve toplam N) farklılıklar olduğu yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkmıştır. Toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri toprak yönetimlerine göre değişiklik göstermiştir. Toprak işleme ve bitkisel ürün artıklarının yönetimi toprakların hacim ağırlığını, gözenek hacmini, sıcaklığını, nemini, reaksiyonunu (pH), organik C ve toplam N içeriği ile mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerini etkilemektedir. Bu özelliklerde meydana gelen değişimler ise toprakların C ve N dinamiklerinde artış veya azalışlara yol açmakta, bitkilerin topraktan aldığı besin maddelerinde farklılığa sebep olmaktadır. Toprakların organik C ve N içerikleri ile mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri arasındaki sıkı ilişki bu varsayımı doğrular niteliktedir. Çalışma genelinde toprak mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerine bağlı olarak ortaya çıkan genel durum, yonca ekili toprakların fiğ ekili topraklardan daha verimli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, tarım topraklarının kalitesinin devamlılığı ya da iyileşme-kötüleşme sürecinin sağlıklı bir yaklaşımla değerlendirilmesi, ancak sürdürülebilir bir izleme yapılarak devam ettirilebilir. Bu yüzden çalışma yapılan tarım arazileri ilerleyen yıllarda izlenmek suretiyle, herhangi bir değişiklik olup olmadığı daha net biçimde ortaya konulabilir.

#### TEŞEKKÜR

Değerli fikirlerini, desteğini, yardımlarını ve hoşgörüsünü bizlerden hiçbir zaman esirgemeyen Prof. Dr. Ömer KARA'ya ve makalenin değerlendirmesini yaparak katkılar sağlayan hakemlere teşekkürlerimizi sunarız. Bu çalışma 06–09 Mayıs 2015 tarihleri arasında SİNOP'ta düzenlenen EKOLOJİ 2015 Sempozyumu'nda sözlü olarak sunulmuş, ancak herhangi bir yerde yayımlanmamıştır. Ayrıca, çalışma Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2014–FEN–A–012).

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Açıkgöz, E., 1988. Annual forage legumes in the arid and semi-arid regions of Turkey, Nitrogen Fixation by Legumes. In *Mediterranean Agriculture Developments in Plant and Soil Sciences* 32: 47–54, doi:10.1007/978-94-009-1387-5\_6.
- Altunışık, R., Coşkun, R., Yıldırım, E., Bayraktaroğlu, S., 2002. Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamalı. Geliştirilmiş 2. Basım, Sakarya Kitapevi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Alvear, M., Rosas, A., Rouanet, J.L. Borie, F., 2005. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil and Tillage Research* 82(2): 195–20, doi:10.1016/j.still.2004.06.002.
- Anderson, J.P.E., Domsch, K.H., 1973. Quantification of bacterial and fungal contribution to soil respiration. *Archives of Microbiology* 93: 113–127, doi:10.1007/BF00424942.
- Anderson, J. M., Ingram. J.S.I., 1996. Tropical Soil Biology and Fertility A Handbook of Methods. 2<sup>nd</sup> Edition, Cab International, Wallingford.
- Arunachalam, A., Arunachalam, K., 2000. Influence of gap size and soil properties on microbial biomass in a subtropical humid forest of north-east India. *Plant and Soil* 223: 185–193. doi:10.1023/A:1004828221756
- Bastida, F., Moreno, J.L., Hernández, T. García, C., 2007. The long-term effects of the management of a forest soil on its carbon content, microbial biomass and activity under a semi-arid climate. *Applied Soil Ecology* 37(1): 53–62, doi:10.1016/j.apsoil.2007.03.010.
- Bauhus, J. Khanna, P.K., 1999. The significance of microbial biomass in forest soils. In: Rastin, N., Bauhus, J. (Eds.), Going Underground - Ecological Studies in Forest Soils, Research Signpost, Trivandrum, India, pp. 77–110.
- Bending, G. D., Putland, C., Rayns, F., 2000. Changes in microbial community metabolism and labile organic matter fractions as early indicators of the impact of management on soil biological quality. *Biology and Fertility of Soils* 31(1): 78–84, doi: 10.1007/s003740050627.

Blake, G.R., 1965. Particle density. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp. 371–373.

Bolat, İ., 2007. Farklı Arazi Kullanım Biçimlerinin Toprağın Mikrobiyal Biyokütle Karbon ( $C_{mic}$ ) ve Azot ( $N_{mic}$ ) İçeriğine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.  
Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal* 54: 464–465, doi:10.2134/agronj1962.00021962005400050028x.

Brady, N., 1990. *The Nature and Properties of Soils* 10<sup>th</sup> edition, Macmillan, New York.

Brookes, P., 2001. The Soil Microbial Biomass: Concept, Measurement and Applications in Soil Ecosystem Research. *Microbes and Environments* 16 (3): 131–140, doi.org/10.1264/jsm2.2001.131.

Brookes, P.C., Landman, A., Pruden, G., Jenkinson, D.S., 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 17: 837–842, doi:10.1016/0038-0717(85)90144-0.

Brookes, P.C., Powlson, D.S., Jenkinson, D.S., 1984. Phosphorus in the soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 16: 169–175, doi:10.1016/0038-0717(84)90108-1.

Chen, C.R., Condron, L.M., Davis, M.R., Sherlock, R.R., 2000. Effects of afforestation on phosphorus dynamics and biological properties in a New Zealand grassland soil. *Plant and Soil* 220: 151–163, doi:10.1023/A:1004712401721.

Christensen, B.T., 1996. Matching measurable soil organic matter fractions with conceptual pools in simulation models of carbon turnover: revision of model structure. In: Powlson, D.S., Smith, P., Smith, J.U. (Eds.), *Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets*. Global Environmental Change. Springer Berlin, pp. 143–160.

Cleveland, C.C., Townsend, A.R., Constance, B.C., Ley, R.E., Steven, K.S., 2004. Soil microbial dynamics in Costa Rica: Seasonal and Biogeochemical Constraints. *Biotropica* 36 (2): 184–195, doi:10.1111/j.1744-7429.2004.tb00311.x.

Cocks, P.S., 1993. Legumes from the Mediterranean basin: A continuing source of agricultural wealth for Southern Australia. Technical paper No. 1 CLIMA, Perth, Australia.

Coyne, M.S., Thompson, J.A., 2006. *Fundamental soil science*. Delmar Learning, Clifton Park, New York.

Crews, T.E., Peoples, M.B., 2004. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102(3): 279–297, doi:10.1016/j.agee.2003.09.018.

Çepel, N., 1996. Toprak ilmi. İÜ Yayın No 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438, Ders Kitabı: 288, İstanbul.

Davis, P.H., 1970. *Flora of Turkey and the east Aegean Islands*, Vol. 3, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Diaz-Ravina, M., Acea, M.J., Carballas, T., 1993. Microbial biomass and its contribution to nutrient concentration in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 25 (1): 25–31, doi:10.1016/0038-0717(93)90237-6.

Eruz, E., 1979. Toprak tuzluluğu ve bitkiler üzerindeki genel etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* B29(2): 112–120.

García-Orenes, F., Guerrero, C., Roldán, A., Mataix-Solera, J., Cerdá, A., Campoy, M., Zornoza, R., Bárcenas, G., Caravaca, F., 2010. Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. *Soil and Tillage Research* 109: 110–115, doi:10.1016/j.still.2010.05.005.

Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. Kutulmuş Matbaası, İÜ Yayın No. 1970, Orman Fakültesi Yayın No: 201, İstanbul.

Irmak, A., 1954. Arazide ve Laboratuvarında Toprağın Araştırılması Metodları. İÜ Yayın No. 559, Orman Fakültesi Yayın No: 27, İstanbul.

- Jenkinson, D.S., Ladd, J.N., 1981. Microbial Biomass in Soil Measurement and Turnover. In: Paul, E.A., Ladds, J.N. (Eds.), *Soil Biochemistry*, Vol 5, Marcel Dekker, Newyork, pp. 415–471.
- Jenkinson, D.S., 1988. The determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: Wilson, J.R. (Ed.), *Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems*, CAB, Wallingford, pp. 368–386.
- Kacar, B., 1996. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri. AÜ Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara.
- Kantarci, M.D., 2000. Toprak İlimi, İstanbul Üniversitesi Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4261, Orman Fakültesi Yayın No: 462, Ders Kitabı: 420, İstanbul.
- Lupwayi, N.Z., Haque, I., 1998. Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from sesbania and leucaena leaves varying in chemical composition. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 337–343, [doi:10.1016/S0038-0717\(97\)00132-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00132-6).
- Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., Grego, S., 2006. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. *Ecological Indicators* 6(4): 701–711, [doi:10.1016/j.ecolind.2005.08.029](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.08.029).
- Moore, J.M., Klose, S., Tabatabai, M.A., 2000. Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems. *Biology and Fertility of Soils* 31(3–4): 200–210, [doi:10.1007/s003740050646](https://doi.org/10.1007/s003740050646).
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H., 2001. Toprak Bilimi. ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No: A-16, 5. Baskı, Adana.
- Özdamar, K., 1999. Paket Programları ile İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP. İkinci Baskı, Kaan Kitapevi, Eskişehir.
- Parkinson, D., Coleman, D.C., 1991. Microbial communities, activity and biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 34: 3–33, [doi:10.1016/0167-8809\(91\)90090-K](https://doi.org/10.1016/0167-8809(91)90090-K).
- Patel, K., Nirmal, Kumar, J. I., N. Kumar, R., Kumar, Bhoi, R., 2010. Seasonal and temporal variation in soil microbial biomass C, N and P in different types land uses of dry deciduous forest ecosystem of Udaipur, Rajasthan, Western India. *Applied Ecology and Environmental Research* 8(4): 377–390.
- Plaster E J 1992. *Soil Science and Management*. 2<sup>nd</sup> Edition. Delmar Publishers Inc., Albany, New York, USA.
- Raiesi, F., 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112(1): 13–20.
- Raiesi, F., 2007. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121(4): 309–318, [doi:10.1016/j.agee.2006.11.002](https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.11.002).
- Roldan, A., Garcia-Orenes, F., Albaladejo, J., 1994. Microbial populations in the rhizosphere of *Brachypodium retusum* and their relationship with stable aggregates in a semiarid soil of southeastern Spain. *Arid Land Research and Management* 8(2): 105–114, [doi: 10.1080/15324989409381384](https://doi.org/10.1080/15324989409381384).
- Rowell, D.L., 1994. *Soil Science Methods and Applications*. Longman Scientific and Technical, Singapore.
- Schloter, M., Dilly, O., Munch, J.C., 2003. Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 255–262, [doi:10.1016/S0167-8809\(03\)00085-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00085-9).
- Sharma, P., Rai, S.C., Sharma, R., Sharma, E., 2004. Effects of land-use change on soil microbial C, N and P in a Himalayan watershed. *Pedobiologia* 48: 83–92, [doi:10.1016/j.pedobi.2003.09.002](https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2003.09.002).
- Singh J S, Raghubanshi A S, Singh R S & Srivastava S C (1989). Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. *Nature* 338: 499–500, [doi:10.1038/338499a0](https://doi.org/10.1038/338499a0).
- Smith, J.L., Paul, E.A., 1990. The significance of soil microbial biomass estimations. In: Bollag, J.M., Stotzky, G. (Eds.), *Soil Biochemistry*, Marcel Dekker, New York, pp. 357–396.

Sparling, G.P., 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: Pankhurst, C., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. (Eds.), *Biological Indicators of Soil Health*, CAB International, Wallingford, pp. 97–119.

Sumner, M.E., 1995. Sodic soils: new perspectives. In: Naidu, R., Sumner, M. E., Rengasamy, P., (Eds.), *Australian Sodic Soils: Distribution, Properties and Management*, CSIRO, Melbourne, pp. 1–34.

Tunlid, A., White, D.C., 1992. Biochemical analysis, community structure, nutritional status and metabolic activity of microbial communities in soil. In: Stotzky, G., Bollag, J.M. (Eds.), *Soil Biochemistry*, volume 7. Marcel Dekker, New York, pp. 229–262.

Uluocak, N., 1984. Toprak koruması ve yem niteliği bakımından Türkiye'nin önemli doğal otlak bitkileri, II Baklagiller. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 358, İstanbul.

Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 703–707, [doi:10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6).

Walkley, A., Black, A.I., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29–38, [doi:10.1097/00010694-193401000-00003](https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003).

Wright, A.L., Hons, F.M., Jr-Matocha, J.E., 2005. Tillage impacts on microbial biomass and soil carbon and nitrogen dynamics of corn and cotton rotations. *Applied Soil Ecology* 29: 5–92, [doi:10.1016/j.apsoil.2004.09.006](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.09.006).