

Armillaria mellea ve *Tricholoma cedretorum* Mantarlarının Farklı Dozlarının İlave Edildiği Topraklarda Karbon Mineralizasyonu

Selen Seyide YILMAZ ÇELİK¹, Hüsniye AKA SAĞLIKER¹, Nacide KIZILDAĞ^{2*}

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 8000, Osmaniye

² Çukurova Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı, 01330, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0002-7094-7502>

²<https://orcid.org/0000-0003-3807-1827>

³<https://orcid.org/0000-0001-6687-223X>

*Sorumlu yazar: nkizildag@cu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 7 Kasım 2020

Kabul tarihi: 17 Aralık 2020

Online Yayınlanma: 2 Mart 2021

Anahtar Kelimeler:

Armillaria mellea

Tricholoma cedretorum

Karbon mineralizasyonu

Organik madde

ÖZET

Bu çalışmada, Osmaniye ili- Hasanbeyli mevkiide bulunan *Armillaria mellea* (Physalacriaceae) ve *Tricholoma cedretorum* (Tricholomataceae) mantarlarının yetiştiği topraklar ile bu topraklara farklı oranlarda ilave edilen (toprak karbonuna eşdeğer 1/1X, 1/2X ve 1/4X oranda) mantarların toprak karbon mineralizasyonuna etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, *A. mellea* ve *T. cedretorum* mantarları ile yetiştiği toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenerek bu toprakların 42 günlük karbon mineralizasyonu CO₂ respirasyonuna göre incelenmiştir. Topraklara ayrı ayrı karıştırılan toprak karbonuna eşdeğer 1/1X, 1/2X ve 1/4X oranında karbonlu mantar ilaveleri her iki toprakta mikroorganizma faaliyetini arttırmıştır. *A. mellea* mantarı karıştırılan toprakta daha yüksek karbon mineralizasyonu gözlenmiş olup *T. cedretorum* toprağı ile arasında anlamlı fark bulunmamıştır (P>0,05). Bunun yanında her iki mantarın farklı dozlarının da (1/1 X, 1/2X ve 1/4X) topraklara ilavesinde kendi aralarında anlamlı farklar yaratmadığı saptanmıştır. *A. mellea* mantarının kontrol toprağı ile yine farklı dozlarda *A. mellea* mantar ilavelerinin yapıldığı topraklarda daha yüksek karbon mineralizasyon oranı gözlenmiş olup, *T. cedretorum* uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur (P<0,05). Bu çalışma bulgularından elde edilen sonuçlara göre mikroorganizmaların mantar ilavelerini karbon kaynağı olarak kullandıkları saptanmıştır.

Carbon Mineralization in Soils with Different Doses of *Armillaria mellea* and *Tricholoma cedretorum* mushrooms

Research Article

Article History:

Received: 7 November 2020

Accepted: 17 December 2020

Published online: 2 March 2021

Keywords:

Armillaria mellea

Tricholoma cedretorum

Carbon mineralization

Organic matter

ABSTRACT

In this study, the soils where *Armillaria mellea* (Physalacriaceae) and *Tricholoma cedretorum* (Tricholomataceae) mushrooms grow in the Osmaniye-Hasanbeyli region and the effects of mushrooms added to these soils at different rates (1/1X, 1/2X and 1/4X ratio equivalent to soil carbon) on soil carbon mineralization were investigated. For this purpose, some physical and chemical properties of *A. mellea* and *T. cedretorum* mushrooms and the soils where they grow were determined and 42-day carbon mineralization of these soils was examined by CO₂ respiration. Addition of equal (1/1X), half (1/2X) and quarter (1/4X) amounts of soil carbon containing mushrooms to both soils separately increased microorganism activity. Higher carbon mineralization was observed in the soil mixed with *A. mellea* mushroom and no significant difference was found between *T. cedretorum* soil (P>0,05). In addition, it was found that the addition of different doses (1/1X, 1/2X and 1/4X) of both mushrooms to the soil did not make a significant difference between them. A higher carbon mineralization rate was observed in control soil of *A. mellea* mushroom and soils where *A. mellea* mushroom was added in different

doses and statistically significant differences were found between T. cedretorum applications (P<0,05). Based on the results obtained from the findings of this study, it was determined that microorganisms use mushrooms as a carbon source.

To Cite: Çelik SSY., Sağlık HA., Kızıldağ N. *Armillaria mellea* ve *Tricholoma cedretorum* Mantarlarının Farklı Dozlarının İlave Edildiği Topraklarda Karbon Mineralizasyonu. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2021; 4(1): 74-79.

1. Giriş

Toprak organik maddesinin (TOM) korunması, ayrışması ve topraklara karıştırılan ilave dengesi sürdürülebilir toprak yönetiminde önemli bir yere sahiptir [1]. Yeşil gübreleme, ahır gübresi, kompost ve biyokömür gibi uygulamalar topraklarda var olan organik maddenin artırılmasına yönelik çalışmalardır. Bu uygulamaların bir kısmı toprağa doğrudan besin elementi katkısı sağlarken, bir kısmı da toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirici etkide bulunmaktadır [2,3]. Toprağa ilave edilen organik madde kaynaklarının kalitesi, uygulama ile doz miktarları ve ayrışma dereceleri topraktaki organik maddeyi arttırmak amacıyla son derece önemli bir yer tutmaktadır.

TOM bileşenlerinden biri olarak toprakta indüklenen karbonun toplamı olarak bilinen toprak organik karbonu (TOK), toprak yaşamının en temel ölçütüdür. Temel olarak TOK, bitki ve hayvan kalıntıları, ölü ve yaşayan mikroorganizmalar, kök sızıntıları ve toprak biyotasının çözülmesi ve çürümesiyle toprağa girmektedir [4].

Hem aerobik hem de anaerobik koşullarda mikroorganizmalar aracılığı ile topraktan CO₂ çıkışı olarak bilinen toprak karbon mineralizasyonu [5]; ekosistem verimliliği, sürdürülebilirliği ve uzun vadeli karbon sekestrasyonunda önemli rol oynamaktadır [6,7]. Toprakta atmosfere salınan CO₂ miktarı, toprağa ilave edilen organik maddelerin kalitesi, kantitesi ve C/N oranından oldukça fazla etkilenmektedir [8,9]. Bitkisel karbon kaynağı ilaveleri TOM ayrışma hızını değiştirebilmektedir [10]. Yüksek C/N oranı içeren organik materyallerin ayrışması için toprakta yaşayan mikroorganizmalar, ayrışma için daha uzun süreye ihtiyaç duymaktadır [11].

Bu çalışmanın amacı, Osmaniye ili- Hasanbeyli mevkiinde bulunan *Armillaria mellea* (Physalacriaceae) ve *Tricholoma cedretorum* (Tricholomataceae) mantarlarının yetiştiği topraklar ile bu topraklara farklı oranlarda ilave edilen (toprak karbonuna eşdeğer 1/1X, 1/2X ve

1/4X) mantarların toprak karbon mineralizasyonuna etkilerini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma için, Doğu Akdeniz Bölgesinde Osmaniye ili-Hasanbeyli mevkiisi örneklik alan olarak seçilmiştir. Osmaniye’de, Akdeniz iklim koşulları hakim olup yazları sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Ortalama ve en yüksek sıcaklıklar sırasıyla 18,2 °C ve 42,8 °C iken, yağış süresi kış ve sonbahar aylarında diğer aylardan daha fazla olup yıllık ortalama yağış miktarı 767,6 mm’dir [12].

Osmaniye-Hasanbeyli mevkiiden toplanan *Armillaria mellea* (Physalacriaceae) ve *Tricholoma cedretorum* (Tricholomataceae) mantarları ile bu mantarların yetiştiği 0-10 cm derinliğindeki toprakları araştırma materyalini oluşturmaktadır. Topraklar laboratuvarında kurutulup 2 mm’lik elekten geçirilmiş, mantarlar ise doğada örnekledikten sonra laboratuvara getirilip 70°C’de kurutulmuş ve analizlere hazır hale getirilmiştir. Toprakların bünye tipi hidrometre yöntemi ile [13], toprak pH’sı 1:2,5’lik toprak su karışımında pH metre (InoLab) ile [14], kireç içeriği (%) kalsimetre (Scheibler) ile [15], tarla kapasitesi (TK, %) 1/3 atmosferik basınçlı vakum pompası ile belirlenmiştir [16]. Toprakların ve mantarların C içeriği (%C) Anne metodu [17], toplam N içeriği ise (%N) Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır.

Armillaria mellea ve *Tricholoma cedretorum* mantarlarının yetiştiği topraklar ile toprak karbonuna göre farklı oranlarda (1/1X, 1/2X ve 1/4X) *Armillaria* ve *Tricholoma* mantarlarının karıştırıldığı toprakların karbon mineralizasyonu CO₂ respirasyonu yöntemine göre kontrollü koşullar altında 28°C de 42 gün boyunca incelenmiştir [18].

Farklı oranlarda *Armillaria* ve *Tricholoma* mantarları karıştırılan topraklar 750 mL’lik inkübasyon kavanozlarına aktarıldıktan sonra tarla kapasitelerinin %80’ine kadar nemlendirilmiştir. İçinde 40 mL Ba(OH)₂ bulunan beher inkübasyon kavanozuna yerleştirildikten sonra kavanozun kapağı kapatılarak 28°C’ye ayarlanmış inkübatöre

yerleştirilmiştir. Mikrobiyal oksidasyon sonucu ortaya çıkan CO₂ gazı karbonu, 100 g kuru toprakta mg olarak ifade edilmiştir [mg C(CO₂)/100 g kuru toprak]. Herhangi bir mantar ilavesinin yapılmadığı topraklar, kontrol toprakları olarak ifade edilmiştir. Karbon mineralizasyon oranları 42 günlük inkübasyon periyodunda üretilmiş kümülatif C(CO₂) değerlerinin toplam organik karbona bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Araştırma verilerinin istatistiksel analizi SPSS paket programı ile yapılmıştır. İki farklı mantarın ve topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile karbon mineralizasyonları arasındaki kıyaslamalarda Varyans analizi (One Way Anova) ve Tukey HSD testi kullanılmıştır [19]. Elde edilen üç tekrarlı veriler çizelge ve şekillerde ortalama ± standart hata şeklinde ifade edilmiştir. Karşılaştırmalarda önem düzeyi P<0,05 olarak alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

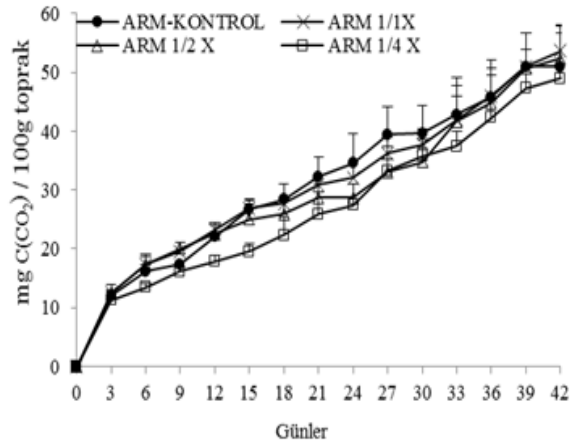
Armillaria mellea ile *Tricholoma cedretorum* mantarları ve bu mantarların yetiştiği toprakların bazı kimyasal analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmış, Tablo 1’ de verilmiştir.

Her iki mantarın yetiştiği topraklar kumlu killi bulunmuştur. Kum, kil ve silt içerikleri açısından topraklar arasında anlamlı fark gözlenmemiştir. Toprakların tarla kapasiteleri (%) arasında istatistiksel olarak P<0,05 düzeyinde anlamlı bir fark gözlenmiştir. Her iki toprak hafif bazik olup pH’ları arasında anlamlı fark saptanmamıştır (P>0,05). *Armillaria* (%3,65) ve *Tricholoma* (%6,45) topraklarının karbon içerikleri açısından, varyans analizi sonucunda anlamlı fark bulunmuştur (P= 0,023). Aynı şekilde her iki toprağın azot içerikleri değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu gözlenmiştir (P<0,001). En yüksek C/N oranı, *Armillaria* mantarının yetiştiği toprakta saptanmış olup *Tricholoma* mantarının yetiştiği toprak ile arasında anlamlı fark bulunmuştur (P<0,05). Toprakların K ve Mg içerikleri değerlendirildiğinde; en yüksek K ve Mg, yine *Armillaria* mantarının yetiştiği toprakta bulunmuş olup *Tricholoma* toprağı ile arasında istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir. Mantarların karbon ve azot içerikleri en yüksek *Armillaria* mantarında belirlenmiş olup *Tricholoma* mantarı ile aralarında fark saptanmamıştır (Tablo 1).

Tablo 1. *Armillaria mellea* ve *Tricholoma cedretorum* mantarlarının ve topraklarının bazı kimyasal analizleri (n=3)

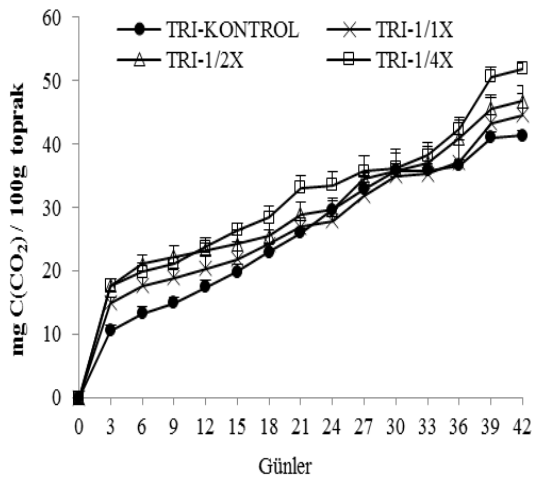
			P	
	<i>Armillaria</i>	<i>Tricholoma</i>		
Toprak	Kum (%)	90,04 ± 0,12	86,33 ± 0,85	0,013
	Silt (%)	0,73 ± 0,27	3,13 ± 0,35	0,006
	Kil (%)	9,23 ± 0,29	10,53 ± 0,55	0,103
	Tekstür tipi	Kumlu Tın (SL)		
	Tarla kapasitesi (%)	37,43 ± 1,27	28,83 ± 0,26	0,018
	pH	7,95 ± 0,06	7,60 ± 0,13	0,064
	CaCO ₃ (%)	0,71 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,000
	C (%)	3,65 ± 0,71	6,45 ± 0,32	0,023
	N (%)	0,20 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,000
	K (mg kg ⁻¹)	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,261
	Mg (mg kg ⁻¹)	0,23 ± 0,00	0,14 ± 0,00	0,000
	C/N	18,19 ± 2,69	16,51 ± 0,40	0,598
	Mantar	C (%)	31,06 ± 1,06	27,31 ± 1,77
N (%)		2,52 ± 0,07	2,23 ± 0,08	0,061

Kümülatif karbon mineralizasyonu [mg C(CO₂)/100g kuru toprak] *Armillaria* mantarının 1/1X uygulamasında en yüksek iken (53,63 mg C), 1/4X uygulamasında en düşük (48,98 mg C) bulunmuştur (Şekil 1).



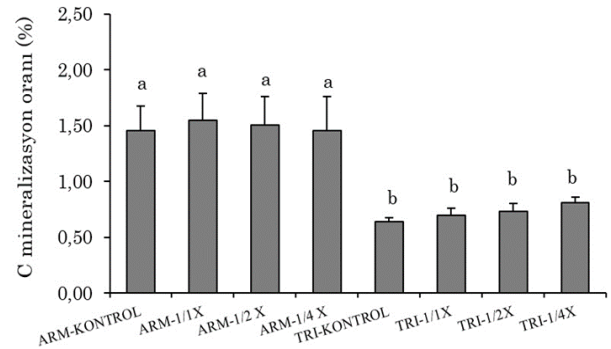
Şekil 1. *Armillaria mellea* mantarlarının yetiştirildiği toprakların 42 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu [mg C(CO₂)/100 g Toprak] (n=3, ortalama ± standart hata)

Buna karşın *Tricholoma* mantarının uygulamaları kendi içinde değerlendirildiğinde en yüksek 1/4X oranında mantar karıştırılan uygulamada (51,85 mg C) iken, en düşük *Tricholoma*'nın kontrol toprağında (41,27 mg C) gerçekleşmiştir (Şekil 2). *Armillaria* mantarının yetiştirildiği kontrol toprağında 50,94 mg iken, *Tricholoma*'nın yetiştirildiği kontrol toprağında ise 41,27 mg olmuş ve iki mantar toprağı arasında anlamlı fark bulunmamıştır (P>0,05). Bunun yanında her iki mantarın farklı dozlarının (1/1X, 1/2X ve 1/4X) topraklara ilavesinde de kendi aralarında anlamlı farklar olmadığı saptanmıştır. Her iki mantarın tüm uygulamaları değerlendirildiğinde hem kontrol hem de doz ilavelerinde ilk 3 günde kolay ayrışabilen organik maddelerin, mikroorganizmalar tarafından hızlı bir şekilde tüketildiği gözlenmiştir.



Şekil 2. *Tricholoma cedretorum* mantarlarının yetiştirildiği toprakların 42 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu [mg C(CO₂)/100 g Toprak] (n=3, ortalama ± standart hata)

Karbon mineralizasyon oranları, en yüksek *Armillaria* mantarının yetiştirildiği kontrol toprağı ile yine farklı dozlarda *Armillaria* mantar ilavelerinin yapıldığı topraklarda gerçekleşmiştir (Şekil 3). Tüm uygulamalar incelendiğinde, en yüksek karbon mineralizasyon oranı 1/1X *Armillaria* mantarı karıştırılmış toprakta olurken en düşük ise *Tricholoma* mantarının yetiştirildiği kontrol topraklarında gerçekleşmiş olup aralarında anlamlı fark bulunmuştur (P<0,05). *Armillaria* mantarı karıştırılmış topraklarda doz arttıkça karbon mineralizasyon oranları azalmış buna karşın *Tricholoma* mantarı karıştırılan topraklarda ise tam tersi bir durum meydana gelmiştir. Her iki mantarın artan dozları kendi içlerinde (1/1X, 1/2X ve 1/4X) değerlendirildiğinde istatistiksel anlamda aralarında anlamlı fark gözlenmemiştir.



Şekil 3. *Armillaria mellea* ve *Tricholoma cedretorum* mantarlarının yetiştirildiği toprakların 42 günlük karbon mineralizasyon oranları (%) (n=3, ortalama ± standart hata)

Armillaria mantarının yetiştirildiği toprağın C/N oranı (18,19), *Tricholoma* mantarının yetiştirildiği topraklardan (16,51) daha yüksek bulunmuştur. Kızıldağ ve ark. [3], organik maddenin miktarı, kalitesi, dışarıdan ilave edilen organik kaynağın C/N oranının toprak organik madde mineralizasyonunda önemli bir rol oynadığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada, *Armillaria* topraklarında tüm uygulamalarda 42 günlük karbon mineralizasyonu, *Tricholoma* topraklarından daha yüksek olmuştur. Bu durum *Armillaria* mantarının yetiştirildiği toprakların ve ilave edilen mantarın C/N oranı ile açıklanabilir. Mantarların ekolojik ve ekonomik anlamda önemli bir role sahip oldukları bilinmektedir [20,21]. Karasal ekosistemlerde mikro mantarlar, organik maddeyi ayrıştırarak karbon ve azot döngüsünde çok büyük rol oynamaktadırlar [22]. Buna karşın literatürde, makro mantarların iklim ve besin elementi içerikleri gibi abiyotik faktörleri çalışılmış olmasına rağmen, biyotik etkileşimler özellikle de mikrobiyal etkileşimleri ile ilgili

çalışmalar oldukça sınırlıdır [23]. Bunun yanında mikrobiyal etkileşimlerin bir göstergesi olarak bilinen toprak karbon mineralizasyonuna mantarların olası etkileri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda bu çalışma ilk kez yapılması bakımından özgün bir değere sahiptir. Bu çalışmada, farklı dozlarda *Armillaria* mantarı topraklara karıştırıldığında mikroorganizma faaliyetinin mantar ilavesi olmayan kontrol topraklarına göre daha düşük çıktığı gözlenmiştir.

Seskiterpen aril esterler, *Armillaria* mantar cinsinin sekonder metabolitlerinin ana grubunu oluşturmaktadır [24]. Bu ester gruplarından Melleolide-K, Melleolide-L ve Melleolide-M esterlerinin ise antibakteriyel ve antifungal etki gösterdiği bilinmektedir [25]. Mikroorganizma faaliyetindeki mantar ilaveli düşüşün nedeninin *Armillaria* mantarının yapısında bulunan bazı sekonder metabolitlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Mikroorganizma çeşitliliği, komünite yapısı ve etkinliğinin topraktaki mikroorganizma faaliyetini etkilediği bilinmektedir. Oh ve ark. [23], *Tricholoma matsutake* mantarının toprak mikroorganizmaları üzerinde dominant bir etkiye sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada *Armillaria mellea* ve *Tricholoma cedretorum* mantarlarının yetiştirildiği kontrol topraklar ile toprak karbonuna göre hesaplanan farklı oranlarda (1/1X, 1/2X ve 1/4X) *Armillaria* ve *Tricholoma* mantarlarının karıştırıldığı toprakların karbon mineralizasyonu kontrollü koşullar altında 28°C' de 42 gün boyunca incelenmiştir.

Kümülatif karbon mineralizasyonu *Armillaria* toprağında, *Tricholoma* toprağına göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek karbon mineralizasyon oranları, *Armillaria* mantarının yetiştirildiği kontrol toprağı ile yine farklı dozlarda *Armillaria* mantar ilavelerinin yapıldığı topraklarda gerçekleşmiştir. *Armillaria* mantarı karıştırılmış topraklarda doz arttıkça karbon mineralizasyon oranları azalmış buna karşın *Tricholoma* mantarı karıştırılan topraklarda ise tam tersi bir durum meydana gelmiştir. Bu çalışmadan yola çıkarak ekonomik öneme sahip mantarların üretilmesi, kimyasal kompozisyonlarının (aminoasit içerikleri) belirlenmesi ve üretim sonucunda ortaya çıkan verimli mantar kompostlarının, topraklara karıştırılıp yeniden değerlendirilmesi önerilmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Teşekkür

Bu çalışmanın yapılmasına olanak sağlayan Osmaniye Korkut Ata Üniversitesine teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Dostal J. Results of the long-term organic matter balance investigations in Usti Nad Orlici district and the trends in the whole Czech Republic, *Agronomy and Soil Science* 2002; 48: 155-160.
- [2] Cabrera ML., Dkisseland A., Vigil MF. Nitrogen mineralization from organic materials: research opportunities, *Journal of Environmental Quality* 2005; 34: 75-79
- [3] Kızıldağ N., Aka Sağlık H., Darıcı C. Comparison of the effects of Tannin and Azadirachtin on carbon mineralization in soils of *Quercus coccifera* from Eastern Mediterranean Region, *Ekoloji* 2012; 21: 47-53.
- [4] Khatoon H., Solanki P., Narayan M., Tewari L., Rai JPN. Role of microbes in organic carbon decomposition and maintenance of soil ecosystem, *International Journal of Chemical Studies* 2017; 5(6): 1648-1656.
- [5] Raich JW., Potter CS. Global patterns of carbon-dioxide emissions from soils. *Global Biogeochemistry Cycles* 1995; 9: 23-36.
- [6] Lal R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, *Geoderma* 2004; 123: 1-22. doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.032
- [7] Luo Y, Zhou X. Soil respiration and the environment. Academic Press. 2006; 328 pp.
- [8] Agehara S., Warncke DD. Soil alternate wetting and drying pure and temperature effects on nitrogen release from organic nitrogen sources, *Soil Science Society of America Journal* 2005; 69: 1844-1855.
- [9] Hossain MB., Rahman MM., Biswas JC. Carbon mineralization and carbon dioxide

emission from organic matter added soil under different temperature regimes, *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture* 2017; 6: 311–319.

[10] Aka Sağlıker H., Kızıldağ N., Çiçek B. Evaluation of carbon mineralisation in soils added thyme leaves and mospilan at different dosages, *Journal of Environmental Protection and Ecology* 2017; 18: 862-870.

[11] Brady NC., Weil RR. The nature and properties of soils. ISBN: 978-0-13-227938-3. Pearson Prentice Hal Inc., New Jersey USA., 2008; 1-965

[12] Yüce Mİ., Aksoy H., Önöz B., Çetin M., Eriş M., Burgan Hİ., Oğuz A., Kalaçi O. İklim değişikliğinin yağışlar üzerine etkisi: Kahramanmaraş ve Osmaniye örneği. 10. Ulusal Hidroloji Kongresi. 9-12 Ekim, 2019, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Bildiriler Kitabı, 2019; 375-388.

[13] Bouyoucos GS. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soil, *Agronomy Journal* 1951; 43: 434-438.

[14] Jackson ML. Soil chemical analysis. (Upper Saddle River Prentice Hall: NJ, USA) 1958.

[15] Allison LE., Moodie CD. Carbonate, *American Society of Agronomy*, 1965; 9-15.

[16] Demiralay I. Toprak fiziksel analizleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum, 1993.

[17] Duchaufour P. *Precis de Pedologie*. 3 ed. Masson, Paris, 1970; 481 p.

[18] Schaefer R. Caracteres et evolution des activites microbiennes dans une chaine de sols hidromorphes mesotrophiques de la plaine d'Alsace, *Revue d'écologie et de biologie du sol* 1967; 4: 567-592.

[19] Kleinbaum DG., Kupper LL., Muller KE., Nizam A. Applied regression analysis and other multivariable methods, Duxbury Press, Pacific Grove, CA, USA. 1998.

[20] Han X., Hu H., Shi X., Zhang L., He J. Effects of different agricultural wastes on the dissipation of PAHs and the PAH-degrading genes in a PAH-contaminated soil, *Chemosphere* 2017; 172: 286-293.

[21] Lou Z., Sun Y., Bian S., Ali Baig S., Hu B., Xu X. Nutrient conservation during spent mushroom compost application using spent mushroom substrate derived biochar, *Chemosphere* 2017; 169: 23-31.

[22] Rayner ADM., Boddy L. Fungal decomposition of wood. Its biology and ecology, Chichester, Sussex, UK: John Wiley and Sons Ltd. 1988.

[23] Oh SY., Fong JJ., Park MS., Lim YW. Distinctive feature of microbial communities and bacterial functional profiles in *Tricholoma matsutake* dominant soil, *PloS One*, 2016; 11: e0168573.

[24] Donnelly D., Sanada S., O'Reilly J., Polonsky J., Prange T., Pascard C. Isolation and structure (X-ray analysis) of the orsellinate of armillol, a new antibacterial metabolite from *Armillaria mellea*, *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications* 1982; 2: 135-137.

[25] Momose I., Sekizawa R., Hosokawa N., Inuma H., Matsui S., Nakamura H., Naganawa H., Hamada M., Takeuchi T. Melleolides K, L and M, new melleolides from *Armillaria mellea*, *The Journal of Antibiotics* 2000; 53: 137-143.