



Gök nar-Kayın Karışık Meşçeresi Altındaki Ölü Örtü Örneklerinde Mikrobiyal Biyokütle C(C_{mic}), N(N_{mic}) ve P(P_{mic})'un Mevsimsel Değişimi

İlyas BOLAT^{*1}, Ömer KARA², Metin TUNAY³

^{1,3} Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080, TRABZON

Öz

Toprak içerisinde meydana gelen bütün olaylara aracılık eden toprak mikroorganizmaları, aynı zamanda toprak organik maddesinde meydana gelen değişikliklerin de hassas bir göstergesidir (indikatördür). Çalışma alanı olarak Bartın ili Arit ilçesinde yayılış gösteren göknar-kayın karışık meşçeresi seçilmiştir. Çalışmada meşçereye ait ölü örtülerin mikrobiyal biyokütle C, N ve P içeriklerini mevsimlere göre belirlemek hedeflenmiştir. Çalışmanın materyal kısmını meşçerenin altından alınan ölü örtü örnekleri (20x20 cm'lik alandan) oluşturmaktadır. Örneklerin bazı kimyasal ve mikrobiyal analizleri için 2009 yılı içerisinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde 15'er adet ölü örtü örneği alınmıştır. Ölü örtü örneklerinin mikrobiyal biyokütle C, N ve P içerikleri kloroform-fumigasyon-ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir. Örneklerinin ortalama pH değeri en düşük yaz mevsiminde (6,49), en yüksek kış mevsiminde (6,96) tespit edilmiştir. Örneklerinin en düşük organik C (C_{org}) içeriği yaz mevsiminde (% 18,1) ve en yüksek ilkbahar mevsiminde (% 36,8) ortaya çıkmıştır. Ölü örtü örneklerinin ortalama en yüksek mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) içeriği sonbahar mevsiminde (5492,30 µg g⁻¹), mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) içeriği ise en yüksek yaz mevsiminde (715,23 µg g⁻¹) belirlenmiştir. Bununla birlikte araştırma alanında ortalama en düşük mikrobiyal biyokütle P (P_{mic}) içeriği sonbahar mevsiminde 370,71 µg g⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Basit varyans analizi sonuçlarına göre, ölü örtü örneklerinin bazı kimyasal özellikleri (nem, pH ve organik C vb.) ile mikrobiyal biyokütle C, N ve P içerikleri mevsimlere göre değişiklik göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Organik karbon, mikrobiyal biyokütle, karışık meşçere, mevsimsel değişim, ölü örtü.

Seasonal Change of Microbial Biomass C (C_{mic}), N (N_{mic}) and P (P_{mic}) in Forest Floor Samples under Fir-Beech Mixed Stand

Abstract

Soil microorganisms, which mediate all events happening in the soil, are also a sensitive indicator of the changes occurring in soil organic matter. Fir-beech mixed stand located in the Arit district of Bartın province is chosen as the study area. In this study, it is aimed to determine microbial biomass C, N and P contents according to seasons. The material part of the study consists of forest floor samples (20x20 cm area) taken under the stand. For some chemical and microbial analyzes of forest floor samples, 15 forest floor samples (total 120 samples) were taken in the spring, summer, autumn and winter seasons. Microbial biomass C, N and P contents of forest floor samples were determined by chloroform-fumigation-extraction method. The average pH of the forest floor samples is shown in the lowest summer season (6.49), the highest winter season (6.96). The lowest organic C (C_{org}) content of the samples is observed in summer (18.1%) season and the highest spring season (36.8%). The highest microbial biomass C (C_{mic}) content of the forest floor samples is determined in the autumn season (5492.30 µg g⁻¹) and the highest microbial biomass N (N_{mic}) content is detected in the summer season (715.23 µg g⁻¹). In addition, the lowest microbial biomass P (P_{mic}) content in the study area is found as 370.71 µg g⁻¹ in the autumn season. According to the results of the simple variance analysis (One-Way ANOVA), some chemical properties (moisture, pH and organic C, etc.) and microbial biomass C, N and P contents of forest floor samples are varied with the seasons.

Keywords: Organic carbon, microbial biomass, mixed stand, seasonal change, forest floor.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

İlyas BOLAT (Dr.); Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği
Bölümü, 74100, Bartın-Türkiye. Tel: +90 (378) 223 5142, Fax: +90 (378) 223 5062,
E-mail: bolat.ilyas@hotmail.com, ilyasbolat@bartin.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5354-2968

Geliş (Received) : 10.07.2020
Kabul (Accepted) : 12.10.2020
Basım (Published) : 15.12.2020

1. Giriş

Toprak mikroorganizmaları, toprağın enerji ve besin döngüsü ile organik madde ayrışmasından sorumlu kısmını temsil eder. Organik artıklar biyokütleyle ya da karbondioksit (CO_2), su (H_2O) ve mineral besin elementlerine bu canlılar sayesinde dönüşür. Diğer taraftan, toprak mikroorganizmaları büyümeleri esnasında sürekli kullandıkları N, P ve S gibi besin elementlerinin de önemli bir havuzunu oluşturur. Mikrobiyal biyokütle organik maddenin mineralizasyonunu gerçekleştirerek anorganik besin maddelerinin (NH_4^+ , NO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} ve CO_2) açığa çıkmasını sağlar. Bitkiler büyümeleri esnasında besin maddelerini bu anorganik formlarda alabilirler. Aynı şekilde, mikrobiyal biyokütle yaşaması ve büyümesi için gerekli olan besin maddelerini bu anorganik formlarda tutabilir. Sonuç olarak, yüksek miktarda mikrobiyal biyokütle içeren topraklar besin maddesi döngüsünde ve besin maddelerinin depolanmasında çok daha etkilidir (Gregorich vd., 1994).

Jenkinson ve Ladd (1981) toprak mikrobiyal biyokütlesini $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}$ 'den daha büyük bitki kökleri ve toprak hayvanları hariç, toprak organik maddesinin yaşayan bir parçası olarak tanımlamaktadır. Büyük bir çoğunluğu bakteri ve mantarlardan meydana gelen fakat içinde aktinomiset, protozoa, alg ve virüslerin de bulunduğu toprak mikrobiyal biyokütlesi (Tablo 1.1); karbon (C) depolaması, enerji akışı, ayrıştırma ve az da olsa gaz akışı gibi ekosistem süreçlerini düzenleyen çok önemli bir olgudur. Bu grup içerisinde bakteri ve mantarlar hem biyokütle hem de metabolik faaliyetler açısından en yaygın organizmalardır (Anderson ve Domsch, 1973; Parkinson ve Coleman, 1991; Cleveland vd., 2004).

Tablo 1.1 Verimli bir topraktaki ortalama mikroorganizma sayıları (CFU g^{-1}) ve ağırlıkları (kg ha^{-1}) (Burges, 1958; Brady, 1990'dan değiştirilerek).

Toprak Organizmaları	Ortalama Sayı	Ağırlık
Bakteriler	15×10^6	450–4500
Aktinomisetler	7×10^5	450–4500
Mantarlar	4×10^5	1120–11200
Algler	5×10^4	56–560
Protozoalar	3×10^4	17–170

Ormanda toprağın yüzeyi genellikle yaprak, ibre, ince dal, kabuk, kozalak pulu, tomurcuk, çiçek, tohum ile ölmüş organizma ve organizma artıkları gibi organik maddeler ile örtülmüş bulunmaktadır. Kısaca, toprağın yüzeyini örten az veya çok ayrılmış durumdaki organik maddelerin bütününe ölü örtü denilmektedir. Ölü örtü tabakası profil tanımında organik horizon (O = Ao) olarak tanımlanır. Ölü örtü yaprak (L), çürüntü (F) ve humus (H) olmak üzere başlıca üç tabakadan oluşur. Yaprak tabakasına uluslararası terim ile L-tabakası (litter-hayvan altlığı) adı verilir. Bu tabaka parçalanmamış, ufalanmamış yani bütünlüğünü korumuş yaprak, kabuk ve ince dallar gibi yeni dökülmüş organik madde artıklarından meydana gelir. Yaprak ve ibrelerde genel bir solgun renk egemendir (Irmak, 1972; Çepel, 1995).

Mevsimsel değişiklikler toprak nemini, toprak sıcaklığını, kök aktivitesini, kök çevresinde biriken ve bitkilerden düşen ölü örtünün ayrışması sonucunda toprağa karışan organik madde miktarını etkilemekte ve böylece toprak içerisinde dalgalanmalara yol açmaktadır (Kramer ve Green, 2000). Bu değişimler aynı zamanda toprak tipi, arazideki bitki örtüsünün çeşidi ve miktarı, arazi kullanımı ve yönetimi gibi faktörlere göre de farklılık göstermektedir (Chen vd., 2003). Nem ve sıcaklık gibi çevresel şartlardaki mevsimsel değişiklikler mikrobiyal biyokütle döngüsünü kolaylaştırır ve bu yüzden de mikrobiyal biyokütle besin maddesi alınabilirliğini düzenlemede çok önemli bir rol oynar. Substratın yaz aylarında kuruması veya kış aylarında donması durumunda mikrobiyal biyokütlenin öldüğü kabul edilmektedir. Isınma ve çözünme olaylarına bağlı olarak mikrobiyal büyümede meydana gelen artışlar ölmüş mikroorganizmalardan kaynaklanan alınabilir besin maddelerine bağlanmaktadır. Toprak sıcaklığı ve nemindeki değişiklikler C mineralizasyon oranını, mikrobiyal topluluğun tür yapısını ve toprak çözeltisinden besin maddesi alınabilirliğini etkilemektedir (Zogg vd., 1997; Bauhus ve Khanna, 1999).

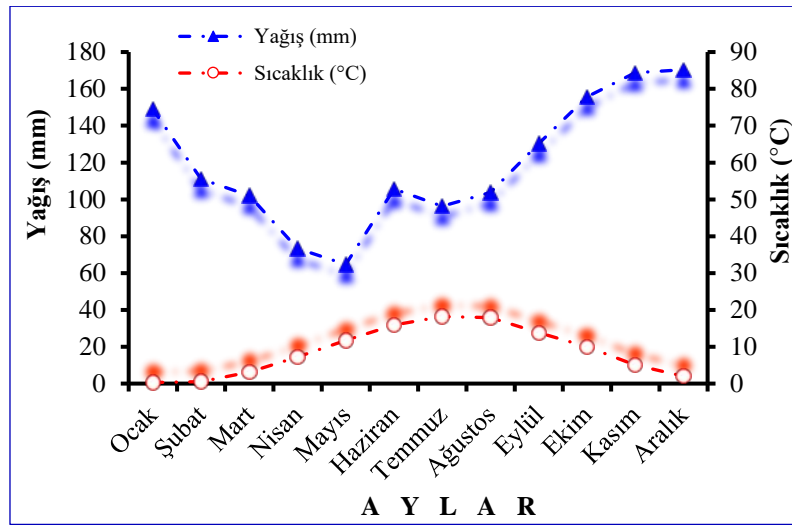
Mevsimplere göre sıcaklık, nem, organik C ve pH gibi özelliklerde meydana gelen değişiklikler sonucunda mikrobiyal popülasyon ve mikrobiyal biyokütle bu değişikliklere çok hızlı bir şekilde tepki gösterir. Bu durumdan bitki besin elementlerinin hem havuzu (deposu) hem de kaynağı durumunda olan mikrobiyal biyokütle ile bitki besin maddeleri arasındaki dolaşım etkilenir. Bu çalışmada göknar-kayın meşceresine ait ölü örtüdeki (yaprak, çürüntü ve humus) mikrobiyal biyokütlenin rolünü anlamak için mikrobiyal biyokütle C, N ve P ile ölü örtülerin bazı kimyasal özelliklerini mevsimsel olarak belirlemek amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Araştırma Alanının Yetiştirme Ortamı Özellikleri

Araştırma alanları, ülkemizin Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki Bartın ili Arıt beldesinde, 32°31'30" ve 32°40'00" doğu boylamları ile 41°39'00" ve 41°42'00" kuzey enlemleri arasında, serin-ılıman kuşakta, Küre Dağları Milli Parkı tampon zonunda yer almaktadır. araştırma alanı ise göknar-kayın karışık ağaç türlerinden oluşan 134e no'lu bölmeciktir. İşlem ünitesi, "BA" simgeleri ile gösterilen göknar seçme ormanı işlem ünitesi tipindedir. Bu bölmecikğin alanı 25,5 ha, ağaç sayısı 340 adet ha⁻¹, göğüs yüzeyi 26,98 m² ha⁻¹, hacmi 269,9 m³ ha⁻¹'dir. Karışımda yaklaşık olarak göknar % 54, kayın ise % 46 oranındadır ve kayıtlara girmemiş çok düşük oranlarda akça ağaç ve gürgen türleri de bulunmaktadır (OGM, 2001). Meşcerenin üst kısımlarında arazi yapısı çok engebeli, taşlık, kayalık, dik ve sarpdır. Meşcerenin yükseltisi 690 m ile 870 m arasında değişim gösterirken (ortalama 780 m), ortalama eğimi % 36 (20°), bakışı kuzey ve kuzeydoğudur. Meşcerenin altında bazı yerlerde göknar ile kayın gençliği bulunmaktadır. Işık alan yerlerde diri örtü tabakası bulunmaktadır. Meşcere içerisinde yer yer geçmiş yıllara ait kalınlığı 5-8 cm arasında değişen ölü örtü birikimi ve genel olarak kalınlığı 3-5 cm arasında değişen çürüntülü mul tipi humus mevcuttur.

Araştırma alanının iklim tipinin saptanmasında kullanılan meteorolojik veriler, 25 m yükseklikteki Bartın Merkez Meteoroloji İstasyonu (Enlem= 41°38', Boylam=32°20') tarafından yapılan 1979–2009 yılları arasındaki 31 yıllık gözlem verileridir (MGM, 2009). Sıcaklık ve yağış değerleri Thornthwaite metoduna göre değerlendirildiğinde (Erinç, 1984; Çepel, 1995; Özyuvacı, 1999) Arıt'ın iklim tipi, çok nemli (A), mezotermal (B1'), yağış rejimine göre su açığı olmayan veya pek az olan (r) ve deniz iklimi altında (b3') bulunan bir iklimdir. Buna göre, Arıt AB1'rb3' işaretleri ile gösterilen çok nemli mezotermal (orta sıcaklıkta), su açığı olmayan veya pek az olan deniz iklimi altında bir iklim tipine sahiptir. Arıt'ta yıllık ortalama sıcaklık 8,8 °C olup, yılın en sıcak ayı temmuz, en soğuk ayı ise ocaktır. Arıt'ta yıllık toplam yağış 1431,4 mm'dir. En az yağışlı aylar nisan ve mayıs aylarıdır. Yağışın en fazla düştüğü ay aralık ayıdır (170,4 mm) (Şekil 2. 1).



Şekil 2.1 Bartın meteoroloji istasyonu verilerine göre çalışma alanının ortalama yağış ve sıcaklık değerleri (1979-2009).

2.2. Materyal

Çalışmanın materyal kısmını göknar-kayın karışık meşceresinden alınan ölü örtü örnekleri (20x20 cm'lik alandan) oluşturmaktadır. Örneklerin bazı kimyasal ve mikrobiyal analizleri için 2009 yılı içerisinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde 15'er adet ölü örtü örneği alınmıştır. Meşcerede ölü örtü tabaka ayrımının mevsimlere göre zor olacağı ve doğal yapılarının bozulacağı düşüncesiyle ölü örtü örneklerinde yaprak, çürüntü ve humus tabakası birbirinden ayrılmamış, örnekler karışık olarak alınmıştır. Ölü örtü örneklerini alırken mineral toprak ile ölü örtünün karışmamasına dikkat edilmiştir. Daha sonra örnekler nemlerini kaybetmemeleri için plastik poşetlere konulmuştur.

2.2. Metot

2.2.1. Ölü Örtü Örneklerinde Yapılan Kimyasal Analizler

Ölü örtü örneklerinin bazı kimyasal özelliklerini (pH, organik C, toplam N v.b.) belirlemek için örnekler hava kurusu hale gelene kadar kurutulmuştur. Daha sonra örnekler mikserde öğütülerek 1 mm'lik elekten geçirilmiştir. Ölü örtü örneklerinin örnek alma zamanındaki nem içeriği 70 °C'de 24 saat süreyle kurularak gravimetrik olarak belirlenmiştir (Karaöz, 1992). Ölü örtü örneklerinin reaksiyonu cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür. Ölü örtü örnekleri, aktüel asitlik için 1/20 oranında saf su ile ıslatılıp 24 saat kadar bekledikten sonra ölçüm yapılmıştır (Karaöz, 1992). Ölü örtü örneklerinin organik karbon içeriği, 1 mm'lik elekten geçirilmiş 0,1 g ölü örtü örneği kullanılarak Walkley-Black ıslak yakma yöntemi ile belirlenmiştir (Walkley ve Black, 1934; Gülçur, 1974). Toplam azot modifiye Kjeldahl yöntemine göre bulunmuştur. Modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemi; ölü örtüde organik formda bulunan azot ile amonyum formunda bulunan anorganik azotu, genellikle sülfürik asit (H₂SO₄) ile yaş yakmak sureti ile amonyuma (NH₄) çevirmek ve bu amonyumu alkali ortamda amonyak (NH₃) halinde uçurup, hafif asit ortamda bağlamak ve bunu titrasyon yolu ile hesaplamak esasına dayanır (Karaöz, 1992; Kacar, 1996). Örneklerin bitkiye yararlı fosfor (alınabilir fosfor) içerikleri Olsen vd. (1954) tarafından geliştirilen sodyum bikarbonat yöntemine göre belirlenmiştir.

2.2.2. Ölü Örtü Örneklerinde Yapılan Mikrobiyal Analizler

Ölü örtü örneklerinin mikrobiyal biyokütle C içerikleri kloroform-fumigasyon-ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (Brookes vd., 1985, Vance vd., 1987). Mikrobiyal biyokütle karbon (C_{mic}) içeriği Eşitlik 1 kullanılarak hesap edilmiştir.

$$\text{Mikrobiyal biyokütle karbon (C}_{\text{mic}}) = \text{Ec} * kC \quad (1)$$

Eşitlikteki Ec= Fumigasyonlu ve fumigasyonsuz ölü örtü 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 vd., 1987).

Örneklerin mikrobiyal biyokütle N içeriği Kjeldahl digestion-destilasyon-titrasyon metoduna göre belirlenmiş ve Eşitlik 2'ye göre de hesaplanmıştır (Brookes vd., 1985, Anderson ve Ingram, 1996).

$$\text{Mikrobiyal biyokütle azot (N}_{\text{mic}}) = \text{F}_N / kN \quad (2)$$

Eşitlikteki F_N= Fumigasyonlu ve fumigasyonsuz ölü örtü örneğinin mikrobiyal biyokütle N içeriği arasındaki fark (N_{fumigasyonlu}-N_{fumigasyonsuz}), kN= Mineralize olabilen mikrobiyal biyokütle azotunun katsayısı'dır (0,54).

Ölü örtü örneklerinin mikrobiyal biyokütle P içerikleri kloroform-fumigasyon-ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (Olsen vd., 1954; Brookes vd., 1982). Mikrobiyal biyokütle fosfor (P_{mic}) içeriği Eşitlik 3 kullanılarak hesap edilmiştir.

$$\text{Mikrobiyal biyokütle fosfor (P}_{\text{mic}}) = \text{E}_P / k_{EP} \quad (3)$$

Eşitlikteki E_p (mikrobiyal biyokütleden ekstrakt edilen PO₄-P) = fumigasyon yapılmış ölü örtüdeki ekstraktan elde edilen PO₄-P ile fumigasyon yapılmamış ölü örtüdeki ekstraktan elde edilen PO₄-P arasındaki farktır. k_{EP}= Mikrobiyal biyokütleden mineralize olabilen fosforun (P) katsayısıdır (0,40).

2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16.00 paket programı kullanılmıştır. Bu paket programı içerisinde göknar-kayın karışık meşçeresi altındaki ölü örtü örneklerinin mevsimlere göre bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri açısından fark olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) yapılmıştır. Varyans analizi sonucunda F test istatistiği önemli ise hangi grup ortalamalarının diğerlerinden farklı olduğunu, farklılığın hangi gruptan kaynaklandığını ortaya koymak gerekir. Bunun için varyansların eşit olması durumunda çoklu karşılaştırma testlerinden birisi olan Tukey HSD testi, varyansların eşit olmaması durumunda ise Tamhane'nin T2 çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Özdamar, 1999; Altunışık vd., 2002).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ölü Örtü Örneklerinin Bazı Kimyasal Özellikleri

Çalışma alanı ölü örtü örneklerinin örnek alma zamanındaki nem içerikleri en düşük sonbahar mevsiminde (% 64,4) ve en yüksek kış mevsiminde (% 451,9) tespit edilmiştir. % 5 önem düzeyinde yapılan varyans analizi sonucuna göre; ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($P<0,05$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2.1). Ölü örtü nem içeriklerinin meşçere tipinde mevsimlere göre farklı olması, mevsimlere göre değişen yağış, sıcaklık, evaporasyon ve intersepsiyon miktarından kaynaklanabilir. Araştırma alanlarındaki ölü örtülerin nem içeriklerine ait sonuçların daha önce yapılan çalışmalarda belirtilen sonuçlarla benzerlik gösterdiği söylenebilir. Nitekim Özbek vd. (2001) ölü örtünün (organik maddenin) yüksek bir su tutma kapasitesine sahip olduğunu ve kendi ağırlığının 3-5 katı su tutabileceğini bildirmektedir. Benzer olarak Çepel (1996) tarafından bir kum toprağının maksimum su tutma kapasitesi % 28, killi balçığın % 44 olduğu halde, bu oranın turba organik maddesinde % 1057 olduğu vurgulanmaktadır. Gökmar-kayın meşçeresi alanında en düşük hava sıcaklığı 5,6 °C ile kış mevsiminde ve en yüksek 26,3 °C ile yaz mevsiminde bulunmuştur. Benzer olarak ortalama en düşük hava sıcaklığı kış mevsiminde, en yüksek hava sıcaklığı yaz mevsiminde tespit edilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, hava sıcaklığı değerlerinin mevsimlere göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($P<0,05$) gösterdiği bulunmuştur (Tablo 2.1).

Araştırma alanı ölü örtü örneklerinin pH değeri en düşük sonbahar mevsiminde (5,58) ve en yüksek kış mevsiminde (7,25) tespit edilmiştir. Gökmar-kayın meşçeresi ölü örtü örnekleri pH değerleri bakımından orta dereceli asit ile hafif alkali sınıflarına girmektedir. Meşçere tipinde mevsimler arasında farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan Tukey HSD testi sonucuna göre; gökmar-kayın meşçeresinin ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri pH değerleri açısından aynı grupta yer alırken, daha yüksek pH değerine sahip kış mevsimi farklı grupta ($P<0,05$) yer almıştır. Yıl içinde mevsimlik sıcaklık ve yağış değişimleri de ölü örtünün reaksiyonunu etkilemiş olabilir. Tablo 2.1 incelendiğinde görülebileceği gibi kış mevsiminde ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerine göre ölü örtü reaksiyonu artış göstermektedir. Bu mevsimde yaprak dökümü ile ayrılan ölü örtünün katyonlarının açığa çıkması ve sıcaklığın düşmesi pH değerlerinin yükselmesine sebep olmuş olabilir. Nitekim sıcaklığın düşmesiyle pH'nın artış gösterdiği (Brady, 1990) ve mevsimsel değişikliklerin pH'yı etkilediği (Çepel, 1995; Kantarcı, 2000) bildirilmektedir.

Tablo 2.1 Gökmar-kayın karışık meşçeresine ait ölü örtü örneklerinin bazı kimyasal özelliklerine ilişkin ortalama ve standart sapma değerleri, n = 30.

Bazı kimyasal özellikler	M E V S İ M L E R			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Nem (%)	212,58±48,23 ^{a*}	141,62±37,72 ^b	101,72±25,95 ^c	283,86±75,21 ^d
Hava Sıcaklığı (°C)	11,70±1,52 ^a	24,46±1,27 ^b	15,95±0,22 ^c	6,55±0,56 ^d
pH (H ₂ O)	6,60±0,37 ^a	6,49±0,25 ^a	6,58±0,37 ^a	6,96±0,16 ^b
Organik C (%)	31,72±2,93 ^a	28,60±4,02 ^b	29,15±2,79 ^b	32,17±1,42 ^a
Toplam N (%)	1,50±0,24 ^a	1,68±0,23 ^b	1,73±0,22 ^b	1,62±0,16 ^a
C _{org} :N _{total} Oranı	21,34±2,10 ^a	17,02±1,96 ^b	16,88±1,10 ^b	19,96±2,12 ^a
Bitkiye yararışlı P (µg g ⁻¹)	27,29±7,15 ^a	35,42±6,60 ^b	29,26±7,81 ^a	45,16±12,63 ^b

*Aynı satırda bulunan değişik harfler meşçere tipinde mevsimlere göre $P<0,05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

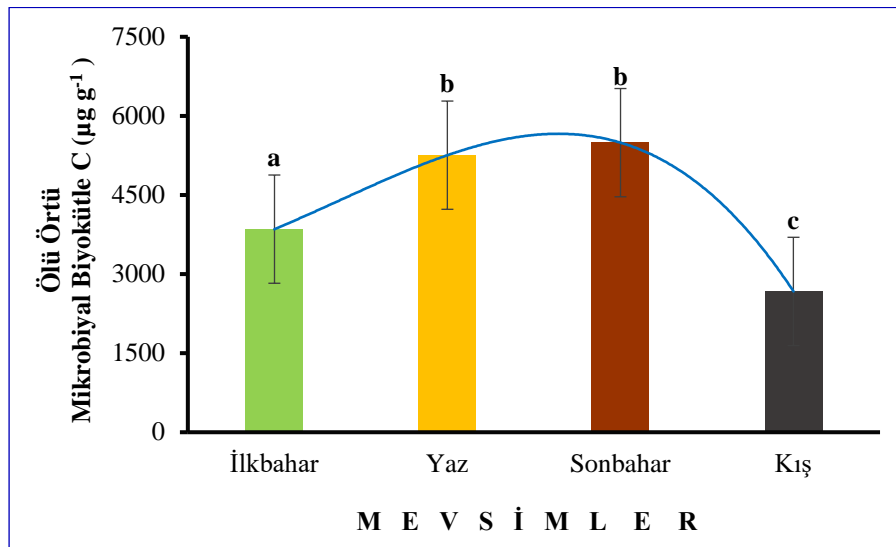
Gökmar-kayın meşçeresi ölü örtü örneklerinin en düşük organik C içeriği yaz mevsiminde (% 18,1) ve en yüksek ilkbahar mevsiminde (% 36,8) tespit edilmiştir. Meşçere tipinde mevsimler arasında yapılan varyans analizi sonucuna göre; ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0,05$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 2.1). Tablo 2.1 incelendiğinde genel olarak meşçere tipinde ölü örtünün organik C içeriği kış mevsiminde diğer mevsimlerden nispeten yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni bu mevsimde düşük sıcaklık (Şekil 2.1 ve Tablo 2.1'e bakınız) ve mikroorganizma faaliyetine bağlı ölü örtünün ayrışma hızının yavaşlaması sonucunda ölü örtüde C mineralizasyonunun azalmasıdır. Bundan dolayı ölü örtülerin organik C içeriği artmıştır. Diğer taraftan sıcaklık ve yağış ilişkisinin iyileşmesi sonucunda organik madde mineralizasyonun hızlandığı mevsimlerde (yaz ve sonbahar; şekil 2.1) açığa çıkan organik C bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından kullanılmakta veya yağışlar ile yıkanabilmektedir. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde ölü örtü örneklerinin düşük organik C içermesi bu yüzden olmuş olabilir. Araştırma alanı ölü örtü örneklerinin en düşük toplam N içeriği (%) ilkbahar mevsiminde (% 1,14) ve en yüksek sonbahar mevsiminde (% 2,15) belirlenmiştir. Meşçere tipinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri arasında yapılan varyans analizi sonucuna göre farklılıklar ($P<0,05$)

belirlenmiştir (Tablo 2.1). Ölü örtü örneklerinin toplam N içerikleri ilkbahar mevsiminden itibaren artmaya başlamış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde en üst seviyelere çıkmıştır. Kış mevsiminde azalmaya başlamıştır. Bu durum vejetasyon mevsiminin başlamasıyla beraber ağaç türlerinin ihtiyaçları olan azotu topraktan almaya başlamaları ve çeşitli organlarında (yaprak, dal ve kozalak gibi) depo etmeleri ile açıklanabilir. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde bu yüzden toplam azot yüksek çıkmış olabilir. Diğer taraftan, sonbahar mevsimi ile birlikte vejetasyon mevsiminin sona ermesi kış mevsiminde toplam azotun düşük çıkmasına neden olmuş olabilir.

Çalışmada en düşük ölü örtü ayrışma oranı (C_{org}/N_{toplam} oranı) sonbahar mevsiminde (14,2) ve en yüksek kış mevsiminde (26,6) tespit edilmiştir. Meşcere tipinde mevsimler arasında farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan Tamhane'nin T2 testi sonucuna göre ise; mevsimler farklı gruplarda yer almışlardır (Tablo 2.1). Organik maddelerin ayrışma hızı üzerinde rol oynayan yapı maddelerinden biri de zottur. Azot bakımından zengin olan ağaç yapraklarının daha kolay ayrıştığı araştırmalarla belirlenmiştir. Ayrışma hızı, organik artıkların içerdiği karbon miktarının azot miktarına oranlanması (C_{org}/N_{toplam}) ile tahmin edilmektedir. Eğer $C_{org}/N_{toplam} > 30$ olursa ayrışmanın çok yavaş, C_{org}/N_{toplam} oranı 20-30 arasında ise ayrışmanın normal hızda ve $C_{org}/N_{toplam} < 20$ olursa ayrışmanın çok hızlı olduğu kabul edilmektedir (Çepel 1996). Çalışma sonucunda yukarıda bahsedilen sınıflandırmaya göre; göknar-kayın meşceresinin ölü örtü C_{org}/N_{toplam} oranı mevsimlere göre değerlendirildiğinde ayrışma hızının ilkbahar mevsimi dışında 20'den küçük olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuca göre yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde ayrışmanın çok hızlı gerçekleştiği söylenebilir. Ölü örtülerin en düşük bitkiye yarayışlı fosfor içeriği ilkbahar mevsiminde ($16,24 \mu\text{g g}^{-1}$) ve en yüksek kayın meşceresinde kış mevsiminde ($123,02 \mu\text{g g}^{-1}$) belirlenmiştir. Meşcere tipinde ortalama bitkiye yarayışlı fosfor içeriklerinin mevsimler (ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($P < 0,05$) gösterdiği bulunmuştur (Tablo 2.1).

3.2. Ölü Örtü Örneklerinin Mikrobiyal Biyokütle Karbon (C_{mic}) İçeriği

Araştırma alanından alınan ölü örtü örneklerinin ortalama en düşük mikrobiyal biyokütle C içeriği kış mevsiminde ($2670,90 \mu\text{g g}^{-1}$) ve en yüksek mikrobiyal biyokütle C içeriği sonbahar mevsiminde ($5492,30 \mu\text{g g}^{-1}$) tespit edilmiştir. Ölü örtü örneklerinin mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin meşcere tiplerine ve mevsimlere göre farklılık gösterip göstermediklerini ortaya koyabilmek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. % 5 önem düzeyinde yapılan analiz sonucuna göre; göknar-kayın meşceresinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri arasında ölü örtü örneklerinin mikrobiyal biyokütle C içeriği açısından farklılık ($P < 0,05$) ortaya çıkmıştır. Meşcere tipinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri arasında farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan Tamhane'nin T2 testi sonucuna göre; mevsimler farklı gruplarda yer almışlardır (Şekil 3.1).



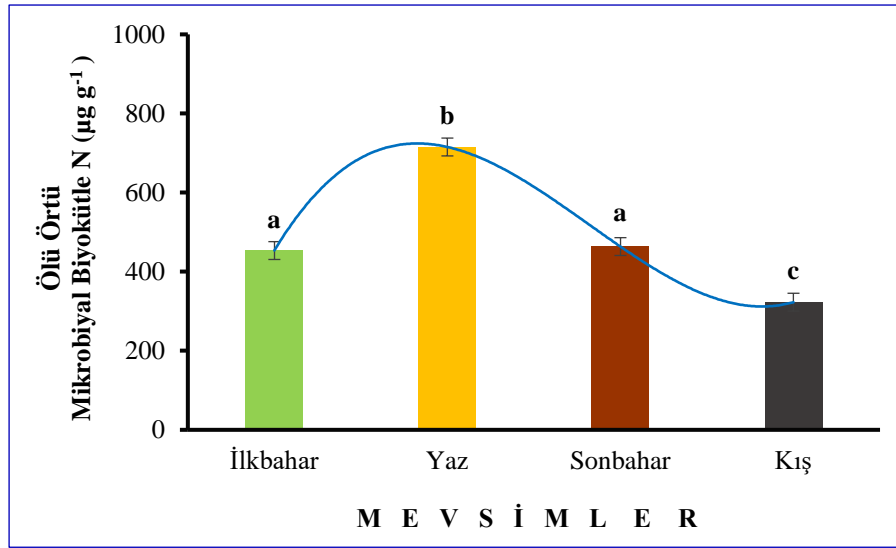
Şekil 3.1 Ölü örtü örneklerine ait mikrobiyal biyokütle C'un mevsimlere (n=30) göre değişimi. Sütunlar ortalama \pm standart sapmayı ifade etmektedir. Değişik harfler meşcere tipinde mevsimlere göre $P < 0,05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Çalışma kapsamında incelenen ölü örtü mikrobiyal biyokütle C içerikleri mevsimlere göre değişkenlik göstermektedir. Meşcereler ilkbahar ve kış mevsimlerinde genel olarak yaz ve sonbahar mevsimlerine göre daha düşük mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) değerlerine sahiptirler (Şekil 3.1). C_{mic} miktarında meydana gelen mevsimsel farklılıklar sıcaklık, ölü örtü nem içeriği, organik madde miktarı ve niteliğindeki değişimlere bağlı olabilir. Nitekim yapılan çalışmalarda organik madde miktarı ve kalitesinin mikrobiyal biyokütle ve organik maddenin

mineralizasyonunu etkileyebildiği ifade edilmektedir (Singh ve Singh, 1995; Zou vd., 1995). Yapılan diğer bir çalışmada ise organik maddenin kompozisyonu (örneğin lignin ve selüloz gibi) da mikrobiyal biyokütle ve faaliyette farklılıklara yol açtığı vurgulanmaktadır (Sparling vd., 1994). Bauhus ve Khanna (1999) sıcaklık ve organik maddenin su içeriğinin mikrobiyal biyokütle miktarı ve faaliyetleri üzerinde çok etkili olduğu bildirilmektedir. Orman topraklarında mikrobiyal biyokütlenin önemi isimli çalışmada tropikal, ılıman ve boreal ormanlara ait ölü örtülerde mikrobiyal biyokütle C içeriği araştırılmıştır. Orman tiplerine ait ölü örtü mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin 19-5506 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği ve ortalama 680 $\mu\text{g g}^{-1}$ olduğu bildirilmektedir (Bauhus ve Khanna, 1999). Başka bir çalışmada kayın ve ladin ormanlarına ait ölü örtülerin (yaprak (L), çürüntü (F) ve humus (H)) mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin sırasıyla 4230 – 13600 $\mu\text{g g}^{-1}$, 3400 – 13500 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği vurgulanmaktadır (Zederer vd., 2017). Lorenz ve Thiele-Bruhn (2019) tarafından yapılan çalışmada farklı orman ağacı türlerine ait ölü örtülerinin mikrobiyal biyokütle C içeriği $373 \pm 67 - 2655 \pm 926 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada ölü örtülerin mikrobiyal biyokütle C içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli farkların olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmalarda elde edilen sonuçlar bu çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

3.3. Ölü Örtü Örneklerinin Mikrobiyal Biyokütle Azot (N_{mic}) İçeriği

Göknaar-kayın meşçeresine ait ölü örtülerin ortalama en düşük mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) içeriği kış mevsiminde (322,79 $\mu\text{g g}^{-1}$) ve en yüksek yaz mevsiminde (715,23 $\mu\text{g g}^{-1}$) belirlenmiştir. Ölü örtü örneklerinin mikrobiyal biyokütle N içeriklerinin mevsimlere göre farklılık gösterip göstermediklerini ortaya koyabilmek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizinde meşçere tipinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri arasında fark ($P<0,05$) olduğu ortaya çıkmıştır. Meşçere tipinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri arasında farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan Tukey HSD testi sonucuna göre; mevsimler farklı gruplarda yer almışlardır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Ölü örtü örneklerine ait mikrobiyal biyokütle N'nin mevsimlere (n=30) göre değişimi. Sütunlar ortalama \pm standart hatayı ifade etmektedir. Değişik harfler meşçere tipinde mevsimlere göre $P<0,05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

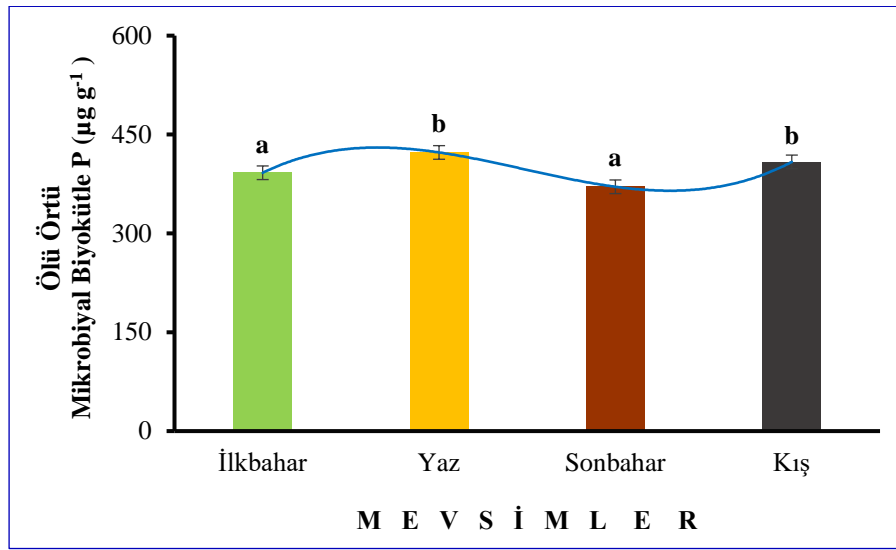
Mikrobiyal biyokütle organik maddenin biçim değiştirmesinde aracı olarak rol oynar. Bu yüzden mikrobiyal biyokütle organik maddenin içerdiği kükürt, fosfor, azot, karbon gibi bitki besin elementlerinin hem bir havuzu hem de bir kaynağıdır. Mikrobiyal biyokütle toprak içerisinde meydana gelen biyolojik faaliyetlerin çoğunluğunun merkezi konumundadır. Organik C, N, P, S \leftrightarrow Mikrobiyal Biyokütle \leftrightarrow CO₂, mineral N, mineral P, mineral S ilişkisi mikrobiyal biyokütle sayesinde organik halde bulunan maddelerin mineral hale, mineral halde bulunanların da organik hale geçerek birbirlerine karşılıklı dönüşebildiğini göstermektedir. Bundan dolayı, toprak içerisindeki biyolojik aktiviteyi anlamak için mikrobiyal biyokütle bilgisine sahip olunmalıdır (Jenkinson ve Ladd, 1981; Tunlid ve White, 1992).

Bu çalışmada göknaar-kayın karışık meşçeresinde yaz mevsimi ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerine göre daha yüksek mikrobiyal biyokütle N içeriğine sahiptir (Şekil 3.2). Bunun sebebi olarak organik maddenin niteliği ve miktarı, mikroorganizmalar için uygun ortam sıcaklığı ve ölü örtünün nem içeriği sayılabilir. Nitekim bazı araştırmacılar (Moore vd., 2000; Bargali vd., 2018) bitki türlerine bağlı olarak mikrobiyal biyokütle içeriğindeki

değişikliğinin bitki çeşitliliği, organik bileşiklerin kolay ayrışma hızı, kök yoğunluğu, mikro iklim ve toprak strüktürü ile yakından ilişkili olduğunu ifade etmektedirler. Yapılan bir çalışmada tropikal, ılıman ve boreal ormanlarına ait 78 adet orman ölü örtü örneğinin mikrobiyal biyokütle N içerikleri araştırılmıştır. Orman tiplerine ait ölü örtülerin mikrobiyal biyokütle N içeriklerinin 49-1831 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği (ortalama 749 $\mu\text{g g}^{-1}$) bildirilmektedir. Ayrıca çalışmada mikrobiyal biyokütle N içeriğinin taze ölü örtüde yüksek olduğu ifade edilmektedir (Bauhus ve Khanna, 1999). Yapraklı ve iğne yapraklı ormanlara ait ölü örtülerin (yaprak (L), çürüntü (F) ve humus (H)) mikrobiyal biyokütle N içeriklerinin incelendiği bir çalışmada C_{mic} 'in kayın ormanı için 570 – 1400 $\mu\text{g g}^{-1}$, ladin ormanı için 410 – 1280 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği bildirilmektedir (Zederer vd., 2017).

3.4. Ölü Örtü Örneklerinin Mikrobiyal Biyokütle Fosfor (P_{mic}) İçeriği

Araştırma alanı ölü örtülerinin ortalama en düşük mikrobiyal biyokütle P (P_{mic}) içeriği sonbahar mevsiminde 370,71 $\mu\text{g g}^{-1}$ ve en yüksek yaz mevsiminde 422,78 $\mu\text{g g}^{-1}$ tespit edilmiştir. Yapılan varyans analizine göre ölü örtülerin mikrobiyal biyokütle P içeriklerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri arasında da anlamlı ($P<0,05$) farklılık olduğu ortaya çıkmıştır. Mikrobiyal biyokütle P açısından, farklı olan grupları tespit etmek amacıyla yapılan Tukey HSD testine göre; ilkbahar ve sonbahar mevsimleri aynı grupta yer alırken, yaz ve kış mevsimleri aynı grupta yer almıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Ölü örtü örneklerine ait mikrobiyal biyokütle N'un mevsimlere (n=30) göre değişimi. Sütunlar ortalama \pm standart hatayı ifade etmektedir. Değişik harfler meşçere tipinde mevsimlere göre $P<0,05$ önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.

Yaptığımız çalışmada ölü örtü tabakasının mikrobiyal biyokütle P içerikleri mevsimlere göre farklı bulunmuştur. Bu farklılığın sebepleri ölü örtünün nem içeriği, ortamın sıcaklığı, ölü örtünün reaksiyonu, ölü örtüde meydana gelen mineralizasyon-immobilizasyon olayları olabilir. Diğer bitki besin elementlerinden farklı olarak bitkiler ile mikroorganizmalar arasında fosfor için olan rekabet çok daha fazladır. Çalışma sonucunda ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde (Şekil 3.3) diğer mevsimlere göre meşçerenin düşük mikrobiyal biyokütle P (P_{mic}) içeriğine sahip olmasının nedeni vejetasyonun bu mevsimlerde başlamış ve bitmiş olmasından dolayı bu dönemlerde fosfor için rekabetin fazla olmasından kaynaklanabilir. Buna karşın kış mevsiminde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerine göre fosfor miktarlarının yüksek olmasının sebebi vejetasyon döneminin tamamen sona ermesine bağlı olarak ayrılan ölü örtüdeki fosforun mikroorganizmalar tarafından immobilizasyona uğratılmış olmasından kaynaklanabilir. Yaz mevsiminde taze ölü örtünün varlığı, mikroorganizmaların optimum gelişebilmeleri için sıcaklığın artması (Şekil 2.1 ve Tablo 2.1'e bakınız) ve dolayısıyla mikroorganizmaların sayılarının artışı sonucunda ayrışmanın hızlanmasına (Tablo 2.1'e bakınız) bağlı açığa çıkan fosfor (P) miktarı artmış olabilir. Bunun sonucunda mikrobiyal biyokütle daha fazla fosforu immobilize etmiş olabilir. Nitekim Hedley vd. (1982) tarafından fosfor içeriği yüksek olan ortamlarda gelişen mikroorganizmaların fosfor içeriği düşük olan ortamlarda gelişenlere göre daha fazla fosfor immobilize ettikleri vurgulanmaktadır.

Yapılan bir çalışmada tropikal, ılıman ve boreal ormanlara ait ölü örtülerin mikrobiyal biyokütle P içerikleri araştırılmıştır. Çalışmada orman tiplerine ait ölü örtülerin mikrobiyal biyokütle P içeriklerinin 95-328 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği ve ortalama 233 $\mu\text{g g}^{-1}$ olduğu bildirilmektedir. Ayrıca mikrobiyal biyokütle P içeriğinin çürüntü ve humus tabakasında yaprak tabakasından daha yüksek olduğu ifade edilmektedir (Bauhus ve Khanna

1999). Yaptığımız çalışmada mikrobiyal biyokütle P içeriği mevsimlere göre değerlendirildiğinde daha önce yapılan çalışmalarda belirtilen değerlerden nispeten yüksek bulunmuştur. Zederer vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada kayın ve ladin ormanlarına ait ölü örtülerin (yaprak (L), çürüntü (F) ve humus (H)) mikrobiyal biyokütle P içeriklerinin sırasıyla 390 – 640 $\mu\text{g g}^{-1}$, 280 – 460 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda mikrobiyal biyokütle P içeriklerinde görülen değişkenlik çalışmaların yapıldığı alanların edafik, iklimatik ve fizyografik olarak birbirinden farklı olmasından kaynaklanabilir.

4. Sonuç ve Öneriler

Ölü örtülerin örnek alma zamanındaki ortalama en yüksek nem içeriği kış mevsiminde (% 283,86) bulunmuştur. Gökmar-kayın meşçeresine ait ölü örtülerin reaksiyonu (pH) orta dereceli asit-hafif alkali sınıflarına girmektedir. Ölü örtü örneklerinin ortalama organik C içeriği en düşük yaz mevsiminde (% 28,60) ve ortalama toplam N içeriği en düşük ilkbahar mevsiminde (% 1,50) tespit edilmiştir. Buna karşılık çalışmada en yüksek ölü örtü C_{org}/N_{toplam} oranı kış mevsiminde (26,6) tespit edilmiştir. Bu mevsimde özellikle hava ve toprak sıcaklığının azalmasıyla organik madde ayrışmasının yavaşladığı ve buna bağlı olarak ayrışma oranlarının yavaşladığı görülmektedir. Ölü örtülerin ortalama bitkiye yararlı fosfor içeriği en düşük ilkbahar mevsiminde ve en yüksek kış mevsiminde belirlenmiştir. Araştırma alanından alınan ölü örtü örneklerinin en düşük mikrobiyal biyokütle C içeriği kış mevsiminde (930,17 $\mu\text{g g}^{-1}$) ve en yüksek mikrobiyal biyokütle C içeriği sonbahar mevsiminde (8379,81 $\mu\text{g g}^{-1}$) tespit edilmiştir. Gökmar-kayın meşçeresine ait ölü örtülerin en yüksek mikrobiyal biyokütle N içeriği yaz mevsiminde (1165,02 $\mu\text{g g}^{-1}$) belirlenirken, en yüksek mikrobiyal biyokütle P içeriği kış mevsiminde (549,04 $\mu\text{g g}^{-1}$) belirlenmiştir. Çalışma sonucunda meşçerelere ait ölü örtü örneklerinin bazı kimyasal özellikleri ile mikrobiyal biyokütle C, N ve P içeriklerinin mevsimlere göre farklılık arz ettiği ortaya çıkmıştır. Ekosistemlerin sağlıklı ve kaliteli bir şekilde fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için toprak mikroorganizmaları hem miktar hem de kalite bakımından çok büyük öneme sahiptir. Bu yüzden mikrobiyal biyokütlenin artışı yüksek toprak verimliliğine ve mikrobiyolojik çeşitliliğe işaret etmektedir. Bununla birlikte, mikrobiyal biyokütle miktarı tek başına mikrobiyal faaliyet hakkında değerlendirme yapmak için yeterli değildir. Ancak mikrobiyal biyokütle ile mikrobiyal solunum birlikte ele alındığında mikrobiyal faaliyet hakkında doğru ve sağlıklı bilgiler vermektedir. Bu yüzden bazal solunum ve metabolik katsayı (qCO_2) gibi bioindikatörlerin de gökmar-kayın meşçeresi ölü örtü örneklerinde analizleri yapılarak meşçerenin mikrobiyal biyokütle ve faaliyeti hakkında ek ve ayrıntılı bilgiler sunulması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, birinci yazar tarafından hazırlanan doktora tezinden üretilmiştir. Bu vesile ile bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde emeği geçen herkese, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen ve beni cesaretlendiren eşim Tüba BOLAT'a ve bu günlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda hissettiğim aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

1. Altunışık, R., Çoşkun, R. Yıldırım, E., Bayraktaroğlu, S. (2002). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamalı*, Geliştirilmiş 2. Basım, Sakarya Kitapevi, Sakarya Üniversitesi, İ.İ.B.F., Sakarya, 281 sayfa.
2. Anderson, J. P. E., Domsch, K. H. (1973). Quantification of bacterial and fungal contribution to soil respiration. *Archives of Microbiology*, 93, 113–127.
3. Anderson, J. M., Ingram, J. S. I. (1996). *Tropical Soil Biology and Fertility A Handbook of Methods*, Second Edition, Cab International Wallingford, UK, pp. 221.
4. Bauhus, J., Khanna, P. K. (1999). The significance of microbial biomass in forest soils. In *Going Underground - Ecological Studies in Forest Soils* Eds. Rastin, N., Bauhus, J., Research Signpost, Trivandrum, India, pp. 77–110.
5. Bargali, K., Manral, V., Padalia, K., Bargali, S. S., Upadhyay, V. P. (2018). Effect of vegetation type and season on microbial biomass carbon in Central Himalayan forest soils, India. *Catena*, 171, 125–135.
6. Brady, N. C. (1990). *The Nature and Properties of Soils*. 10th Ed. New York: Macmillan, 621 pp.
7. 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.
8. Brookes, P. C., Powelson, D. S., Jenkinson, D. S. (1982). Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 14, 319–329.
9. Burges, A. (1958). *Micro-organism in The Soil*. Hutchinson and Co Ltd, London, 188 pp.

10. **Çepel, N. (1995).** Orman Ekolojisi. İÜ Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Üniversite Yayın No. 3886, Sosyal BMYO, Yayın No: 433, İstanbul, 536 s.
11. **Çepel, N. (1996).** Toprak İlimi. İÜ Yayın No 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438, 288 s.
12. **Chen, C. R., Condrón, L. M., Davis, M. R., Sherlock, R. R. (2003).** Seasonal changes in soil phosphorus and associated microbial properties under adjacent grassland and forest in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 177, 539–557.
13. **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.
14. **Erinç, S. (1984).** Klimatoloji ve Metodları. İÜ Yayın No. 3278, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayın No. 2, İstanbul. 454 s.
15. **Gregorich, E. G., Carter, M. R., Angers, D. A., Monreal, C. M., Ellert, B. H. (1994).** Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 74, 367–385.
16. **Gülçür, F. (1974).** Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. Kutulmuş Matbaası, İÜ Yayın No. 1970, Orman Fakültesi Yayın No. 201, İstanbul, 225 s.
17. **Hedley, M. J., White, R.E., Nye, P. H. (1982).** Plant-induced changes in the rhizosphere of rape (*Brassica napus* var. *emerald*) seedlings. III. Changes in L value, soil phosphate fractions and phosphatase activity. *New Phytologist*, 91, 45–56.
18. **İrmak, A. (1972).** Toprak İlimi. İkinci baskı, İÜ Yayın No: 1268, Orman Fakültesi Yayın No: 121, Taş Matbaası, İstanbul, 299 sayfa.
19. **Jenkinson, D. S., Ladd, J. N. (1981).** Microbial Biomass in Soil Measurement and Turnover. In: Soil Biochemistry, eds. EA Paul and JN Ladd, Volume 5, Marcel Dekker, Inc, New York and Basel, pp. 415–471.
20. **Kacar, B. (1996).** Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri. AÜ Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, 705 s.
21. **Kantarıcı, M. D. (2000).** Toprak İlimi, İstanbul Üniversitesi Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s.
22. **Karaöz, M. Ö. (1992).** Yaprak ve Ölü Örtü Analiz Yöntemleri. *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 42 (1-2), 57-71.
23. **Kramer, S., Green, D. M. (2000).** Acid and alkaline phosphatase dynamics and their relationship to soil microclimate in a semiarid woodland. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 179–188.
24. **Lorenz, M., Thiele-Bruhn, S. (2019).** Tree species affect soil organic matter stocks and stoichiometry in interaction with soil microbiota. *Geoderma*, 353, 35–46.
25. **M. G. M. (2009).** Meteoroloji Genel Müdürlüğü Bartın Meteoroloji İstasyonu 1975–2009 Yılları İklim Verileri, Ankara.
26. **Moore, J. M., Klose, S., Tabatabai, M. A. (2000).** Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping system. *Biology and Fertility of Soils*, 31, 200–210.
27. **O. G. M. (2001).** Bartın Orman İşletme Müdürlüğü Arıt Orman İşletme Şefliği Arıt Serisi Münferit Orman Amenajman Planı, Bartın (2001-2010).
28. **Olsen, S. R., Cole, C.V., Watanabe, F. S., Dean, L. A. (1954).** Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular 939, United States Department of Agriculture, Washington DC, pp 1-19.
29. **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, 816 s.
30. **Özdamar, K. (1999).** *Paket Programları ile İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP*, İkinci Baskı, Kaan Kitapevi, Eskişehir, 689 sayfa.
31. **Özyuvacı, N. (1999).** Meteoroloji ve Klimatoloji. İÜ Yayın No. 4196, Orman Fakültesi Yayın No. 460, İstanbul, 369 s.
32. **Parkinson, D., Coleman, D. C. (1991).** Microbial communities, activity and biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 34, 3–33.
33. **Singh, S., Singh, J. S. (1995).** Microbial biomass associated with water-stable aggregates in forest, savanna and cropland soils of a seasonally dry tropical region, India. *Soil Biology and Biochemistry*, 27, 1027–1033.
34. **Sparling, G. P., Hart, P. B. S., August, J. A., Leslie, D. M. (1994).** A comparison of soil and microbial carbon, nitrogen and phosphorus contents, and macro-aggregate stability of a soil under native forest and after clearance for pastures and plantation forest. *Biology and Fertility of Soils*, 17, 91–100.
35. **Tunlid, A., White, D. C. (1992).** Biochemical analysis, community structure, nutritional status and metabolic activity of microbial communities in soil. In *Soil Biochemistry*, Eds. Stotzky, G., Bollag, J. M., Volume 7. Marcel Dekker, New York, pp 229–262.
36. **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.

37. **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.
38. **Zederer, D. P., Talkner U., Spohn, M., Joergensen, R. G. (2017).** Microbial biomass phosphorus and C/N/P stoichiometry in forest floor and A horizons as affected by tree species. *Soil Biology and Biochemistry*, 111, 166–175.
39. **Zogg, G. P., Zak, D. R., Ringelberg, D. B., MacDonald, N. W., Pregitzer, K. S., White, D. C. (1997).** Compositional and functional shifts in microbial communities related to soil warming. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 475–481.
40. **Zou, X., Binkley, D., Caldwell, B. A. (1995).** Effects of dinitrogen fixing trees on phosphorus biogeochemical cycling in contrasting forests. *Soil Science Society of America Journal*, 5