

## Dikimle Yetiştirilmiş Kayın Meşcerelerinde, Aralamanın Mikrobiyal Biyokütle Karbon ve Toprak Solunumuna Etkileri

Abdurrahman SEMERCİOĞLU<sup>1</sup>, Filiz YÜKSEK<sup>2,\*</sup>, Ömer KARA<sup>3</sup>, Arzu AYGÜN<sup>4</sup>,  
Arife SAYLAM<sup>5</sup>, Selvinaz YILMAZ<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Karadeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon, Türkiye

<sup>2,\*</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Rize, Türkiye

<sup>3</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

<sup>4</sup>Orman Genel Müdürlüğü, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Trabzon Orman İşletme Müdürlüğü, Trabzon, Türkiye

### Makale Tarihiçesi

Gönderim: 17.01.2023

Kabul: 14.07.2023

Yayın: 15.08.2023

### Araştırma Makalesi



**Öz** – Toprak solunumu atmosfere verilen karbondioksitin (CO<sub>2</sub>) önemli bir kaynağı olup küresel ısınma bakımından önemli bir ekosistem sürecidir. Yapılan ormancılık uygulamaları bu süreci önemli derecede etkileyebilmektedir. Bu çalışmada; Trabzon'da Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ağaçlandırma alanında farklı aralama derecelerinin ve mevsimlerin, mikrobiyal biyokütle karbon, bazal solunum ve toprak solunumuna etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla iki farklı aralama şiddetinde (%25 ve %40) ve kontrolde, üç tekrerr ile toplam dokuz deneme alanı oluşturulmuştur. Ölçümlere bir yıl boyunca devam edilmiştir. Sonuçlar tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ortalama toprak mikrobiyal biyokütle C içerikleri; %25 aralama yapılan parselde 469,57 µg/g, kontrol parselinde 478,73 µg/g ve %40 aralama yapılan parselde 541,06 µg/g olarak bulunmuştur. ANOVA sonuçları %40 aralama parsellerindeki mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin kontrol ve %25 aralama yapılan parsellerden anlamlı oranda yüksek olduğunu göstermektedir. Mikrobiyal biyokütle C içerikleri yaz mevsiminde diğer mevsimlerden anlamlı oranda yüksektir. Kontrol ile aralama yapılan topraklar arasında bazal solunum ve toprak solunumu değerleri bakımından anlamlı bir fark belirlenmemiştir. Buna karşılık bazal solunum ve toprak solunumu mevsimlere göre anlamlı oranda değişim göstermiştir. Çalışma alanında su açığı olmadığı için değişimlerin nem yetersizliğinden çok, sıcaklık tarafından belirlendiği düşünülmektedir. Yapılan %25 aralama şiddeti karbon yönetimi açısından bakıldığında topraktaki karbon salımında anlamlı fark yaratacak düzeyde değildir. %40 oranında yapılan aralamada da CO<sub>2</sub> salımını yönünden yapılan müdahalenin mikrobiyal biyokütleyi olumlu yönde teşvik ettiği, topraktaki CO<sub>2</sub> salımını ise anlamlı düzeyde değiştirmedeği tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu yörede kayın plantasyonlarında yapılan bu aralama çalışmalarının önemli ölçüde karbon salımına neden olmadığı, mikrobiyal biyoması teşvik ettiği için toprak sağlığı açısından yararlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – Aralama şiddeti, bazal solunum, *Fagus orientalis* L., mikrobiyal biyokütle C, toprak solunumu

## Effects of Thinning on Microbial Biomass Carbon and Soil Respiration in Beech Plantations

<sup>1</sup>Directorate of Eastern Black Sea Forestry Research Institute, General Directorate of Forestry, Trabzon, Türkiye

<sup>2</sup>Faculty of Engineering and Architecture, Recep Tayyip Erdogan University, Rize, Türkiye

<sup>3</sup>Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye

<sup>4</sup>Trabzon Forest Enterprise Directorate, Trabzon Regional Directorate of Forestry, General Directorate of Forestry, Trabzon, Türkiye

### Article History


Received: 17.01.2023


Accepted: 14.07.2023


Published: 15.08.2023


### Research Article


**Abstract** – Soil respiration is an important source of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) released into the atmosphere and is an important ecosystem process in terms of global warming. Forestry practices can significantly affect this process. In this study; the effects of different thinning intensities and seasons on microbial biomass carbon (C), basal respiration and soil respiration were investigated in the oriental beech (*Fagus orientalis* L.) plantation area in Trabzon. For this purpose, a total of nine plots were established with three replications at two different thinning intensities (25% and 40%) and control. Measurements made for one year. As a result of the study, the mean soil microbial biomass C contents; It was found to be 469.57 µg/g in the 25% thinning plots, 478.73 µg/g in the control plots and 541.06 µg/g in the 40% thinning plots. ANOVA results show that soil microbial biomass C content in 40% thinning plots was significantly higher than control and 25% thinning plots. Microbial biomass C contents were significantly higher in summer than in the other seasons. There was no significant difference between the control and the soils of thinned plots in terms of microbial respiration and soil respiration values. On the other hand, basal respiration and soil respiration showed significant changes according to the seasons. Since there was no water deficit in the study area, it


<sup>1</sup>  asemercioglu@ogm.gov.tr

<sup>2</sup>  filiz.yuksekk@erdogan.edu.tr

<sup>3</sup>  okara@ktu.edu.tr

<sup>4</sup>  arzuaygun@ogm.gov.tr

<sup>5</sup>  arifesaylam@outlook.com

<sup>6</sup>  selvinazyilmaz@ogm.gov.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Filiz YÜKSEK



was thought that the changes were determined by soil temperature rather than soil moisture limitation. In terms of carbon management, 25% thinning intensity was not at a level to make a significant difference in carbon emissions from the soil. When we look at the CO<sub>2</sub> release in the 40% thinning, it has been determined that the intervention promoted microbial biomass positively, but did not significantly change the CO<sub>2</sub> release in the soil. Therefore, it was concluded that these thinning intensities in beech plantations in this region did not cause significant carbon emissions and were beneficial for soil health as they enhanced microbial biomass.

**Keywords** – *Thinning intensities, basal respiration, Fagus orientalis L., microbial biomass C, soil respiration*

## 1. Giriş

Ormanlar karasal ekosistemler içinde önemli bir karbon yutağıdır ve küresel karbon (C) döngüsünde önemli bir rol oynar (Pan vd., 2011). Atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) döngüsünün yaklaşık olarak %10'u toprak aracılığıyla meydana gelir. Bu miktar fosil yakıtların yanmasıyla açığa çıkan CO<sub>2</sub>'in 10 katından bile fazladır (Reichstein ve Beer, 2008). Bu da özellikle toprak solunumu ile topraktan atmosfere önemli bir miktarda CO<sub>2</sub> salınımı meydana geldiği (Bond-Lamberty ve Thomson, 2010) anlamına gelmektedir.

CO<sub>2</sub> salınımı; bitki örtüsü özellikleri, mikrobiyal aktivite, toprak organik C içeriği, toprak sıcaklığı ve nem, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri gibi birçok faktör tarafından kontrol edilmektedir (Drewitt vd., 2002; Franzluebbers vd., 2002). Başta aralama kesimi olmak üzere pek çok silvikültürel müdahaleler, bu faktörleri etkilediğinden, karbon döngüsünde önemli rol oynarlar. Aralama, toprak işleme, gübreleme gibi ormancılık uygulamaları da toprakta tutulan karbon miktarını olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Tolunay ve Çömez, 2007). Özellikle aralamalar sonucu kırılan meşcere kapalılığı; toprak içindeki mikro iklimi, toprağa ulaşan organik madde miktarını ve kalitesini değiştirdiğinden (Wic Baena vd., 2013), meşceredeki ölü örtü miktarını azalttığı ve ayrışmayı hızlandırdığından genel olarak topraktaki organik madde içeriğini düşürebilmektedir (Jandl vd., 2007). Ancak bazı araştırmalarda aralama çalışmaları sonucunda, çıkarılan ağaçlara ait ölü köklerin ayrışması ve meşcere altına gelen diri örtünün toprak organik karbon içeriğini artırdığını da belirtilmektedir (Selig vd., 2008). Aralamalar sonucu bitki örtüsünde meydana gelen farklılıklar; toprağa ulaşan besin maddelerinin miktar ve kalitesini değiştirmekte ve böylece mikrobiyal aktiviteyi ve bileşimini de etkileyebilmektedir (Kominoski vd., 2009; Shi vd., 2011).

Mikrobiyal çeşitlilik ve biyokütlenin aralamalara tepkisini ortaya koyan mevcut araştırma sonuçları da birbirinden farklılık içermekte ve yetersiz sayıdadır. Bazı araştırmalar, aralamanın MBC (Mikrobiyal Biyokütle Karbonu) ve MBN'yi (Mikrobiyal Biyokütle Azotu) azalttığını (Thibodeau vd., 2000), bazıları ise arttığını (Bolat, 2014) veya değiştirmediklerini ifade etmektedirler (Barg ve Edmonds, 1999; Giaı ve Boerner, 2007; Schilling vd., 1999). Bazı araştırmalarda; toprak neminin toprak solunumundaki en sınırlandırıcı faktör olduğu ve toprak solunumu ile toprak neminin benzer eğilim gösterdiği tespit edilirken (Akburak ve Makineci 2013), aylık yağışın 2 cm geçtiği yerlerde yağışın solunum üzerindeki etkisinin azaldığı ve artık CO<sub>2</sub> akışında sıcaklığın yağıştan daha etkili olduğu ifade edilmektedir (Raich ve Potter, 1995). Dolayısıyla meşcerenin sağlıklı olmasını sağlamak ve dayanıklılığını arttırmak için yapılması gereken bir silvikültür faaliyeti olan aralamanın; ölü örtü miktarı ve kalitesi ile toprak solunumuna etkisini araştırmak, karbon yutakları ile yapılacak planlamalarda verilecek kararların isabetli olmasına da katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Vakfikebir Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki Doğu kayını ağaçlandırma alanında farklı aralama derecelerinin ve mevsimlerin, mikrobiyal biyokütle karbon, bazal solunum ve toprak solunumuna etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucu; ülkemizde özellikle Karadeniz Bölgesinde oldukça geniş alanlarda endüstriyel ağaçlandırmaları kurulan ve aralama çağına gelmiş kayın ağaçlandırmalarında, karbona dayalı yapılacak uygulamalara ışık tutacaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

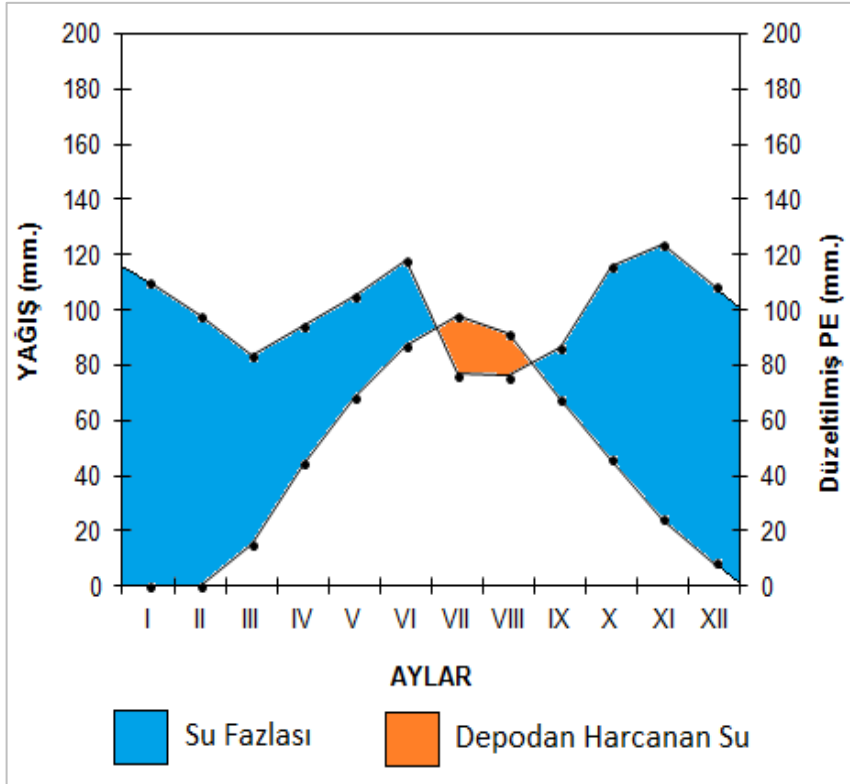
Vakfikebir İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunan deneme alanları; aralama yapılmadan önce hiçbir müdahale görmemiş, normal kapalılıkta ve sıırlık çağına gelmiş doğu kayını plantasyon alanlarından seçilmiş olup 40°58'05" K – 39°23'20" D ile 40°57'58" K – 39°23'13" D koordinatları arasında bulunmaktadır. Çalışma alanı Trabzon Orman İşletme Müdürlüğü, Vakfikebir Orman İşletme Şefliği, 173 nolu bölmenin içerisinde yer almaktadır. Bölme güneybatı bakıda, %55 eğimli, 1340 m yükseltiye sahip olup, alanı 15 ha'dır ve 1986 yılında tesis edilmiştir. Meşcerelerin aralama öncesi aritmetik orta çap (AOÇ), göğüs yüzeyi orta ağaç çapı (GYAÇ), meşcere orta boyu, göğüs yüzeyi alanı (GY) verileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

Aralama öncesi bazı meşcere özellikleri

Aralama Şiddeti	Sıklık (adet ha <sup>-1</sup> )	AOÇ (cm)	GYAÇ (cm)	Ort. Boy (m)	GY (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )
Kontrol	2325	11,25	11,79	10,38	26,63
25%	3156	10,34	10,84	10,8	29,77
40%	2931	11,35	11,98	10,7	34,44

Deneme alanının kurulduğu yörenin iklim özelliklerinin belirlenmesinde Trabzon-Tonya meteoroloji istasyonu verileri ve deneme alanlarının iklim tipinin belirlenmesinde Thornthwaite yöntemi kullanılmıştır (Şekil 1). Buna göre araştırma alanının iklim tipi "A C'2 r b'4" sembolü ile gösterilen çok nemli, düşük sıcaklıkta (mikrotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, okyanus iklimine yakın olarak belirlenmiştir (Yılmaz, 2016). Kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsiminde ortalama sıcaklıklar sırasıyla 0, 43°C, 6,53°C, 14°C, 8,57°C olarak değişirken; 1197,8 mm olan toplam yağış miktarı yine mevsimlere göre ortalama olarak kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar için sırasıyla 316,8 mm, 283,4 mm, 271,3 mm, 326,3 mm olarak gerçekleştiği görülmektedir. Sahada su noksanının olmadığı tespit edilmiştir, ancak temmuz ve ağustos aylarında potansiyel evapotranspirasyon yağıştan karşılanamadığı için toprakta depo edilen sudan yararlanılmaktadır (Şekil 1; Yılmaz, 2016).



Şekil 1. Deneme alanının iklim diyagramı (Yılmaz, 2016)

Deneme alanında alt tabakada bulunan türler, vejetasyonun en yoğun olduğu yaz mevsiminde Braun Blanquet yöntemine göre saptanmış ve türlerin örtüş bolluk seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'den de anlaşılacağı gibi sahada az da olsa otsu (*Fragaria vesca* L., *Poa* sp, *Rubus* sp, *Urtica dioica* L. *plantago* sp) ve odunsu nitelikte (*Rhododendron ponticum* L., *Laurocerasus officinalis* Roemer, *Ilex colchica* Pojark, *Vaccinium arctostaphylos* L., *Sambucus nigra* L. vb.) bir diri örtü mevcuttur.

Tablo 2

Saptanan türlerin Braun Blanquet yöntemine göre örtüş bolluk tablosu

Parsel No	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Türler	Ört.	Top.	Ört.	Top.	Ört.	Top.	Ört.	Top.	Ört.	Top.	Ört.	Top.	Ört.	Top.	Ört.	Top.	Ört.	Top.
<i>Rhododendron ponticum</i> L.	3	4	2	1	3	4	3	2	2	2	3	3	3	4	3	4	3	4
<i>Laurocerasus officinalis</i> Roemer.	2	3			2	3	3	2	1	2	3	3	3	3	2	3	2	3
<i>Ilex colchica</i> Pojark	2	1	2	2	3	4	3	2	2	3	2	3	3	3	3	4	3	4
<i>Poa</i> sp.	+	1	+	1									+	1				
<i>Rubus</i> sp.	1	1	+	1	2	2			1	1	2	2	3	2			+	1
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	1	1	1	1	2	2	2	2	+	1	1	1	+	1	r	1	+	1
<i>Ornithogalum</i> sp.	3	3																
<i>Fragaria vesca</i> L.	1	1											+	2				
<i>Vaccinium arctostaphylos</i> L.			+	1									+	1			+	1
<i>Taxus baccata</i> L.					+	1												
<i>Sambucus nigra</i> L.							+	1										
<i>Urtica dioica</i> L.									+	1								
<i>Plantago</i> sp.									1	2								
<i>Petasites albus</i> (L.) Gaertn.					1	1												
<i>Festuca</i> sp.											1	2						

Ört.: Örtüş ve Top.: Toplam

Araştırma alanında bulunan deneme parsellerine ait toprak özellikleri Tablo 3'te verilmektedir. Buna göre çalışma alanındaki topraklar kum içeriği yüksek kumlu balçık ve balçıklı kum tekstüründe hafif bünyeli topraklardır. Toprak reaksiyonu asit karakterde olup pH derecesi 4.19 ile 4,63 arasında değişmektedir. Deneme parsellerinde organik karbon içeriği %5,85 ile %9,56 arasında belirlenmiştir. Organik karbon oranı oldukça yüksek olan araştırma alanında C/N oranı 18,73 ile 33,83 arasındadır.

Tablo 3

Deneme parsellerindeki bazı üst toprak özellikleri

Aralama Şiddeti	Toprak Derinliği (cm)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Organik Karbon (%)	N (%)*	C/N Oranı	Tane Yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )*	Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )*	Gözenek Hacmi (%)*
Kontrol	0-10	76,32	14,24	9,44	4,44	9,56	0,47	20,19	1,60	0,72	53,41
	10-20	76,83	12,75	10,43	4,19	5,85	0,23	25,05	2,03	0,76	62,73
%25 Aralama	0-10	81,40	11,37	7,23	4,54	8,80	0,43	20,45	1,64	0,76	53,52
	10-20	83,34	8,55	8,10	4,63	6,57	0,21	31,81	1,91	0,72	61,08
%40 Aralama	0-10	82,08	9,90	8,01	4,39	8,18	0,44	18,73	1,98	0,64	65,52
	10-20	66,18	20,81	13,01	4,20	6,09	0,18	33,83	1,81	0,76	58,26

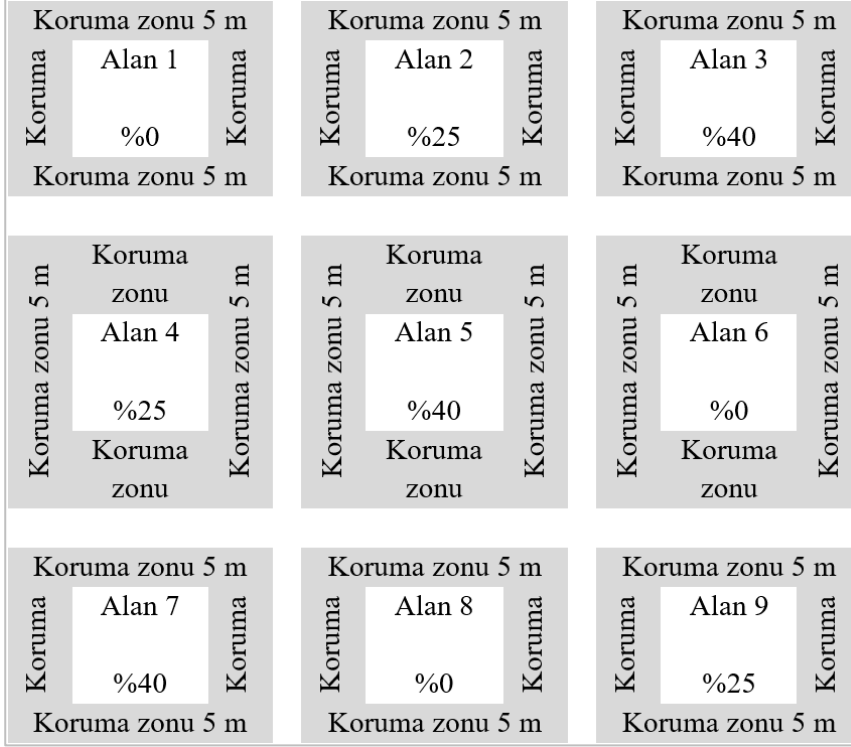
\*Değerler (Yılmaz 2016)'dan alınmıştır.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Deneme Deseninin Kurulması

Meşçerede çıkarılan ağaçların göğüs yüzeyi toplamı birim alandaki göğüs yüzeyi toplamının %25'ini oluşturan aralama mutedil aralama, %40'ını oluşturan aralama ise kuvvetli aralama olarak nitelendirilmiştir. Tüm ağaçlar korunarak, hiçbir müdahale yapılmamış parseller ise kontrol parseli olarak düşünülmüştür. Aralama müdahaleleri uygulanırken kayının biyolojisine uygun olan yüksek aralama yapılmıştır. Yüksek aralama işlemleri literatürdeki gibi seçerek aralama esaslarına göre uygulanmıştır. Her bir deneme parselinde idare amaçlarına uygun, gelişmesi düzgün, dolgun gövdeye ve simetrik bir tepe çatısına sahip 10-12 adet istikbal

ağacı belirlenmiştir. Buna göre biri kontrol olmak üzere iki farklı aralama derecesinde üç tekrarlı olmak üzere toplam 9 deneme alanı (3 aralama şiddeti x 3 tekrar) tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulmuştur. Her bir parsel 900 m<sup>2</sup> (30 m x 30 m) büyüklüğünde alınmış olup, aralama işlemi yapılacak parsellerde aralama parsellerin tamamında, ölçümler ise 400 m<sup>2</sup> (20 m x 20 m) alanda gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan alanı çevreleyen 5 m genişliğindeki alan ise izolasyon zonu olarak bırakılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Solunum ölçümleri ve toprak örneklerinin alınacağı alanlara ait deneme deseni

### 2.2.2. Örnekleme ve Analiz

Toprak solunumu, mikrobiyal solunum ve mikrobiyal karbon için her bir parselde 10 adet örnekleme yapılmıştır. Bu işlem 3 ayda 1 olmak üzere, yılda 4 defa tekrarlanmıştır. Proje sonunda 360 (10 adet X 9 alan X 4 tekrar = 360) mikrobiyal karbon, toprak solunumu ve mikrobiyal solunum değeri elde edilmiştir.

Mikrobiyal Biyokütle ( $C_{mic}$ ) laboratuvarında kloroform-fumigasyon ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiş (Anderson ve Ingram 1996) ve aşağıdaki formül kullanılarak C  $\mu\text{g}$  olarak hesaplanmıştır (Vance vd., 1987; Anderson ve Ingram, 1996).

$$\text{Biyokütle C } (\mu\text{g g}^{-1}) = (B-V) \times N \times 0,003 \times \frac{120 + \theta}{W_t} \times \frac{1000}{V_1} \quad (2.1a)$$

$$E_c = (\text{biyokütle } C_{\text{fumigasyonlu}} - \text{biyokütle } C_{\text{fumigasyonsuz}}) \quad (2.1b)$$

$$\text{Mikrobiyal Biyokütle C} = E_c \times 2,64 \quad (2.1c)$$

Burada; B= Kör için harcanan demir amonyum sülfatın ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) hacmi (ml)

V= Örnek için harcanan demir amonyum sülfatın ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) hacmi (ml)

N= Harcanan demir amonyum sülfatın ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) normalitesi (0,3950 N)

0,003= 3 karbonun (C) ekivalen ağırlığı

$\theta$  = Kullanılan 30 gr toprağın higroskopik nemi (%)

Wt = Taze toprak ağırlığı (30 gr)

V1 = Yakma için kullanılan ekstrakt

2,64 = Karbon (C) dönüştürme katsayısı

Mikrobiyal faaliyet ( bazal solunum) kapalı bir ortam içerisinde inkübasyon süresince topraktan yayılan CO<sub>2</sub>'nin sodyum hidroksit NaOH ile tahmin edilmesiyle belirlenmiştir. Başka bir ifadeyle laboratuvarında toprak örneklerindeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) sodyum hidroksit çözeltisi ile yakalanmış, elde edilen sodyum hidroksit çözeltisinin hidroklorik asit ile titrasyonu sonucu açığa çıkan CO<sub>2</sub> miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla µg CO<sub>2</sub>-Cg<sup>-1</sup> (toprak) h<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır (Rowell, 1994; Alef, 1995).

$$\text{CO}_2 (\mu\text{g}) \text{ SW}^{-1} \text{ t}^{-1} = \frac{(V_0 - V) \times N \times 22 \times 1000}{\text{dwt} \times h} \quad (2.2)$$

Burada; SW = Fırın kurusu toprak ağırlığı (gr)

t = İnkübasyon süresi (saat=h)

V<sub>0</sub> = Titrasyonda kör için harcanan hidroklorik asitin (HCL) hacmi (ml)

V = Titrasyonda örnekr için harcanan hidroklorik asitin (HCL) hacmi (ml)

22 = Çevirme katsayısı (1 ml 1 M Na OH = 22 mg CO<sub>2</sub>)

N = Hidroklorik asitin (HCl) gerçek normalitesi

1000 = miligramı mikrograma çevirme katsayısı

dwt = nemli toprağın kuru ağırlığı (gr)

h = İnkübasyon süresi

Toprak solunumunun belirlenmesinde soda lime (soda kireci) metodu kullanılmıştır (Monteith, 1964; Grogan, 1998; Tüfekçioğlu ve Küçük, 2004).

$$\text{Toprak solunumu (gr CO}_2\text{-C/m}^2\text{/gün)} = \frac{\text{tutulan CO}_2}{\text{Alan} / \text{İnkübasyon süresi}} \quad (2.3)$$

eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

Aralama şiddetinin ve mevsimlerin Mikrobiyal C, mikrobiyal solunum ve toprak solunumu üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla; veriler tek yönlü Varyans analizi (One-way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Analizden önce verilerin normal dağılıp dağılmadığı test edilmiştir. Levene's testi sonucunda varyansların homojen olduğu görüldüğünden ortalamalar Duncan testine göre gruplandırılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Bulgular

Toprak örneklerinin mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin aralama şiddetine göre farklılık gösterip göstermediklerini ortaya koyabilmek için yapılan varyans analiz sonuçları, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri Tablo 4'de verilmiştir. İncelenen üst toprakların aralama şiddetine göre ortalama mikrobiyal biyokütle C içerikleri kontrol parsellerinde 478,73 µg/g, %25 aralama şiddeti uygulanan parsellerde 469,57 µg/g ve %40 aralama şiddeti uygulanan parsellerde 541,06 µg/g bulunmuştur.

Yapılan analiz sonucuna göre; üst toprakların mikrobiyal biyokütle C içeriğinin aralama şiddetine göre farklı (P<0,05) olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonucuna göre %40 aralama şiddeti uygulanan deneme parsellerinin diğerlerinden (Kontrol ve %25 aralama) anlamlı düzeyde daha yüksek mikrobiyal biyokütle C içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4

Aralama şiddetlerine göre üst toprakların mikrobiyal biyokütle karbon ( $C_{mic}$ ) içeriklerine ( $\mu\text{g/g}$ ) ait istatistikler

İşlemler	N	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum		Gruplar
<b>Kontrol</b>	120	478,73	245,28	59,90	1281,28		a
<b>%25</b>	120	469,57	201,30	155,89	1050,37		a
<b>%40</b>	120	541,06	254,04	102,02	1166,37	F : 3,297	b
<b>Toplam</b>	360	496,45	236,17	59,90	1281,28	P : 0,038	

Mevsimplere bağlı olarak mikrobiyal biyokütle C'a ait minimum, maksimum ve standart sapma değerleri Tablo 5'de verilmiştir. Deneme parsellerindeki üst toprakların mevsimlere göre ortalama mikrobiyal biyokütle C içerikleri  $396,63 \mu\text{g/g}$  ile  $694,57 \mu\text{g/g}$  arasında değişim göstermektedir. Mevsimlere göre değişim anlamlı düzeyde farklılık ( $P < 0,05$ ) göstermiştir.

Tablo 5

Üst toprakların mikrobiyal biyokütle karbon ( $C_{mic}$ ) içeriklerinin ( $\mu\text{g/g}$ ) mevsimlere göre değişimine ait istatistiki değerler

Mevsimler	N	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum		Gruplar
<b>Yaz</b>	90	694,57	237,68	233,15	1281,28		a
<b>Sonbahar</b>	90	396,63	165,67	105,42	729,31		b
<b>Kış</b>	90	448,32	225,32	102,02	1231,97		b
<b>İlkbahar</b>	90	446,29	188,75	59,90	1068,10	F : 38,073	b
<b>Toplam</b>	360	496,45	236,17	59,90	1281,28	P : 0,000	

Duncan testi sonuçlarına göre deneme parsellerindeki toprakların yaz mevsiminde diğerlerinden (sonbahar, kış, ilkbahar) anlamlı düzeyde daha yüksek mikrobiyal biyokütle C içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Aralama şiddetine bağlı olarak bazal solunuma ait varyans analiz sonuçları, minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Aralama şiddetine göre ortalama bazal solunum değerleri kontrol parsellerinde  $0,561 \mu\text{gCO}_2\text{-C g}^{-1}\text{h}^{-1}$ , %25 aralama şiddeti uygulanan parsellerde  $0,608 \mu\text{gCO}_2\text{-C g}^{-1}\text{h}^{-1}$  ve %40 aralama şiddeti uygulanan parsellerde  $0,622 \mu\text{gCO}_2\text{-C g}^{-1}\text{h}^{-1}$  bulunmuştur.

Tablo 6

Farklı aralama şiddeti uygulanan deneme parsellerindeki bazal solunuma ( $\mu\text{gCO}_2\text{-C g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) ait istatistiki değerler

İşlemler	N	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum		Gruplar
<b>Kontrol</b>	120	0,561	0,278	0,09	1,47		a
<b>%25</b>	120	0,608	0,298	0,11	1,98		a
<b>%40</b>	120	0,622	0,265	0,06	1,28	F : 1,562	a
<b>Toplam</b>	360	0,597	0,281	0,06	1,98	P : 0,211	

Yapılan varyans analizi sonucunda üst topraklardaki bazal solunumun aralama şiddetine göre fark göstermediği ( $P > 0,05$ ) belirlenmiştir (Tablo 6).

Mevsimplere bağlı olarak belirlenen bazal solunuma ait minimum, maksimum ve standart sapma değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Deneme parsellerindeki üst toprakların mevsimlere göre ortalama bazal solunumu en düşük sonbahar mevsiminde ( $0,352 \mu\text{gCO}_2\text{-C g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) en yüksek İlkbahar mevsiminde ( $0,914 \mu\text{gCO}_2\text{-C g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucunda mevsimlere göre bazal solunum değerlerinde anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ( $p \leq 0,05$ ).



Tablo 7

Mevsimlere göre deneme parsellerindeki bazal solunuma ( $\mu\text{gCO}_2\text{-C g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) ait istatistiki değerler

Mevsimler	N	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Gruplar
<b>Yaz</b>	90	0,625	0,22	0,06	1,98	b
<b>Sonbahar</b>	90	0,352	0,11	0,09	0,60	d
<b>Kış</b>	90	0,496	0,16	0,09	1,42	c
<b>İlkbahar</b>	90	0,914	0,23	0,13	1,47	F : 141,401 a
<b>Toplam</b>	360	0,597	0,28	0,06	1,98	P : 0,000

Duncan testi sonucuna göre ise mevsimlere göre toprak bazal solunum değerlerinin hepsinin farklı gruplarda yer aldığını göstermektedir (Tablo 7).

Toprak solunumuna ait varyans analiz sonuçları, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri Tablo 8’de verilmiştir. Aralama şiddetine göre ortalama toprak solunumu kontrol parsellerinde  $1,907 \text{ g C m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ , %25 aralama şiddeti uygulanan parsellerde  $2,058 \text{ g C m}^{-2}\text{gün}^{-1}$  ve %40 aralama şiddeti uygulanan parsellerde  $2,048 \text{ g C m}^{-2}\text{gün}^{-1}$  bulunmuştur. Ancak toprak solunumunda aralama şiddetine göre anlamlı fark ( $P>0,05$ ) belirlenmemiştir (Tablo 8).

Tablo 8

Aralama şiddetine göre deneme parsellerindeki toprak solunumuna ( $\text{g C m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) ait istatistiki değerler

İşlemler	N	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Gruplar
<b>Kontrol</b>	120	1,907	0,623	0,51	3,91	a
<b>%25</b>	120	2,058	0,804	0,72	4,56	a
<b>%40</b>	120	2,048	0,769	0,43	3,76	F : 1,594 a
<b>Toplam</b>	360	2,004	0,737	0,43	4,56	P : 0,205

Mevsimlere bağlı olarak belirlenen toprak solunumuna ait varyans analiz sonucu, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri Tablo 9’da verilmiştir. Deneme parsellerindeki üst toprakların mevsimlere göre toprak solunumu en düşük kış mevsiminde ( $1,207 \text{ g C m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) en yüksek yaz mevsiminde ( $2,707 \text{ g C m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) bulunmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre mevsimlere göre ortalama toprak solunum değerleri arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiş olup; Duncan testi sonucuna bakıldığında ise her bir mevsim ayrı grupta yer aldığı görülmektedir (Tablo 9).

Tablo 9

Toprak solunumunun ( $\text{g C m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) mevsimlere göre değişimini gösteren istatistiki değerler

Mevsimler	N	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Gruplar
<b>Yaz</b>	90	2,707	0,424	1,74	4,56	a
<b>Sonbahar</b>	90	1,882	0,554	0,80	3,76	F : 144,302 c
<b>Kış</b>	90	1,207	0,473	0,43	3,29	P : 0,000 d
<b>İlkbahar</b>	90	2,221	0,528	0,72	3,89	b
<b>Toplam</b>	360	2,004	0,737	0,43	4,56	

### 3.2. Tartışma

Toprak organik maddesinin yaşayan parçası olarak adlandırılan mikrobiyal biyokütle (Jenkinson ve Ladd, 1981); toprağın üstünde veya içinde bulunan bitkisel artıklar ile sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörlerden oldukça etkilenmektedir. Pek çok araştırmada; mikrobiyal biyokütlenin başta aralama ve hasat kesimleri olmak üzere çeşitli ormancılık faaliyetlerinden oldukça etkilendiği ifade edilmiş olsa da, bu etkinin yönü ve şiddeti ile ilgili farklı sonuçlar bulan çalışmalar mevcuttur. Örneğin Ladd vd. (1985), farklı silvikültür uygulamalarının toprak organik maddesini ve dolayısıyla mikrobiyal biyokütleyi azaltabileceğini ileri sürerken, Entry vd. (1986), sahada kalan artıkların üretimden sonra toprak mikrobiyal biyokütle düzeylerinin

arttığını gözlemlemiştir. Bütün bunlara ek olarak aralanmış ağaçların kök sistemleri toprağın mikrobiyal popülasyonları desteklemek için yarayışlı karbon havuzunu dolayısıyla toprağın kapasitesini arttırabildiği de ifade edilmiştir (Smith ve Paul, 1990). Ayrıca Bolat (2014) tarafından karaçam ormanında yapılan çalışmada; üst toprakların mikrobiyal C içeriklerinin aralama uygulanan sahada 791,35 µg/g, kontrol sahasında 624,78 µg/g olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre; aralama sahasındaki toprak mikrobiyal C miktarının kontrolden %26,6 oranında daha fazla olduğu ve bu artışın aralamaya bağlı olarak değişen yetiştirme ortamı şartlarından kaynaklandığı belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda da %40 aralama yapılan sahada mikrobiyal biyokütle miktarı anlamlı olarak artış göstermiştir (yaklaşık %13). Kapalılığın kırılması ile meşçere içine daha fazla ışık ve yağış girmektedir. Dolayısıyla meşçere içindeki nem ve sıcaklık koşulları mikroorganizma faaliyetleri için uygun hale gelmektedir. Bu da mikrobiyal biyokütle üzerinde olumlu bir etki yarattığı şeklinde yorumlanabilir.

Araştırma alanı iklim verileri incelendiğinde araştırma alanında yazın dahi su noksanı yoktur (Şekil 1). Bu nedenle toprak sıcaklığı mikrobiyal biyokütle için çok önemli hale gelmektedir. Çoğu araştırmacılar mevsimlere bağlı olarak değişen nem ve sıcaklığın toprakların mikrobiyal biyokütle karbon ( $C_{mic}$ ) ile ilişkisi olduğunu savunmuştur (Hughes ve Reynolds, 1991; Santruckova, 1992; Diaz-Ravina vd., 1995). Nitekim yaptığımız çalışmada yaz mevsiminde sıcaklığın artmasıyla birlikte mikrobiyal biyokütle karbon içeriğinin de artması bunu doğrulamaktadır.

Ancak bazal solunum yönünden değerlendirme yapıldığında aralama şiddetine göre anlamlı farklılıklara rastlanmamıştır. Aralama ile birlikte mikrobiyal biyokütle C miktarı artsa da mikrobiyal solunum için aralama şiddeti anlamlı değişimler meydana getirmemiştir. Bazal solunum miktarı, mikrobiyal canlıların türüne ve miktarına göre değişim göstermekle beraber toprağın nemi, sıcaklığı, tekstürü ve strüktürü ile alınabilir bitki besin elementlerinin miktarı gibi toprak özellikleri tarafından da etkilenmektedir (Alef ve Nannipieri, 1995). Kapalılık önemli derecede kırılrsa bile kayın tepe çatısını çok erken kapatan bir türdür, buna yazın bu yöredeki oldukça fazla olan sisli gün sayısı da eklenince aralamanın bazal solunuma etkisi azalmış olabilir. Nitekim Özbayram (2018) tarafından yapılan ve kayında aralamamanın yaprak alan indeksine etkisinin araştırıldığı çalışmada, kuvvetli aralama yapılan kayın meşçeresinde yağışın etkisi, ağacın daha fazla tepe tacı yayması ve yaprak üretmesi sonucu yaprak alan indeksinin 3 yıl gibi kısa sürede eski haline geldiği ifade edilmiştir. Ayrıca Akburak ve Makineci (2016) tarafından yapılan çalışmada da aralamanın topraktaki mikrobiyal solunumu anlamlı derecede etkilemediği görülmüştür. Ancak mevsimlere göre topraktaki mikrobiyal solunumun anlamlı derecede değiştiği görülmüştür. Mevsimlere göre mikrobiyal solunumda meydana gelen değişimler sıcaklık değişimi ve mikrobiyal kompozisyondaki değişimlerle de açıklanabilir. Zira Cregger vd. (2012) yaptığı çalışmada mevsimsel değişimin mikrobiyal biyokütle kompozisyonunda da değişikliğe neden olduğunu ifade edilmiştir.

Toprak solunumu yönünden değerlendirme yapıldığında aralama şiddetine göre anlamlı farklılıklar belirlenmemiştir. Akburak ve Makineci (2016) tarafından yapılan çalışmada; aralamanın ilk yıl toprak solunumunu etkilediği ikinci yıl anlamlı bir farklılığın oluşmadığı görülmüştür. Mevsimlere göre bakıldığında ise yazın toprak solunumu en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Bu mevsimde sıcaklık artışının yanı sıra toprakta su noksanının olmaması mikrobiyal solunumu desteklemektedir. Ayrıca Şekil 1'e baktığımızda temmuz ve ağustos aylarında potansiyel evapotranspirasyon yağıştan karşılanamadığı için toprakta depo edilen sudan yararlanıldığını görmekteyiz. Bu durum topraktaki nem içeriğini azaltmıştır. Topraktaki nem değişimi ve artan sıcaklık bitkinin fizyolojik faaliyetinin dolayısıyla kök solunumunun değişmesine neden olabilmektedir. Nitekim Akburak ve Makineci (2013) tarafından yapılan çalışmada toprak neminin toprak solunumunda en sınırlandırıcı faktör olduğu bildirilmektedir. Ayrıca bu iki araştırmacı toprak solunumunun diri örtüden, kök biyomasından ve toprak sıcaklığından doğrusal olarak etkilendiğini ifade etmişlerdir (Akburak ve Makineci, 2016).

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Araştırma sonucumuza göre aralama derecelerinin ve mevsimlerin, toprak mikrobiyal biyokütle C, bazal solunumu ve toprak solunumunu farklı düzeylerde etkilediği tespit edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları %40 aralama parsellerindeki toprak mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin (541,06  $\mu\text{g/g}$ ) kontrol (478,73  $\mu\text{g/g}$ ) ve %25 aralama yapılan parsellerden (469,57  $\mu\text{g/g}$ ) anlamlı oranda yüksek olduğunu göstermektedir. Kapalılığın %40 oranında kırılmasıyla meşçere altındaki mikroiklimde meydana gelen olumlu değişim mikrobiyal biyokütle karbon içeriğinin artışı teşvik etmiştir. Çeşitli çalışmalarda, sahada kalan artıkların üretimden sonra toprak mikrobiyal biyokütle düzeylerini arttırdığı belirtilmektedir. %40 aralama yapılan parselde alınabilir organik karbonun, kontrol ve %25 aralama yapılan alana nazaran, daha fazla olabileceği ve kolayca temin edilebilen karbon kaynağının mikrobiyal biyokütleyi teşvik ettiği düşünülmektedir.

Araştırma sonuçları aralamaların bazal solunum ve toprak solunumunda kontrole göre bir artış meydana getirdiğini göstermektedir. Ancak bu artış istatistiki olarak anlamlı değildir. Toprak solunumu mikrobiyal solunum ve kök solunumundan kaynaklanmaktadır. Şiddetli aralama yapılan alanlarda ağaçların çıkarılmasından dolayı kök solunumunun engellenmesi ve buna bağlı olarak toprak solunumunun azalması beklenir. Ancak incelenen alanda toprak solunumunda istatistiki olarak anlamlı olmasa da meydana gelen artış alana gelen diri örtüden kaynaklanan kök solunumu ve organik maddenin ayrışmasından ileri gelebileceği söylenebilir.

Mikrobiyal biyokütle C içerikleri yaz mevsiminde (694,57  $\mu\text{g/g}$ ) diğer mevsimlerden anlamlı oranda yüksek bulunmuştur. Alanda su açığının olmaması ve sıcaklığın diğer mevsimlere göre mikrobiyal biyomas için daha uygun olması nedeniyle; çalışılan ekosistemde yazın sıcaklığın ve yağışın mikrobiyal biyomas için daha elverişli olduğu tespit edilmiştir. Bazal solunumda özellikle ilkbahar (0,914  $\mu\text{gCO}_2\text{-C g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) ve yaz (0,625  $\mu\text{gCO}_2\text{-C g}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) mevsimlerinde bazal solunumun diğer mevsimlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Meydana gelen mevsimsel farklılığın meşçeredeki sıcaklık, yağış, kapalılık gibi faktörlerin ve mikrobiyal biyomas kompozisyonunun değişiminden kaynaklanabileceği kanaatine varılmıştır. Toprak solunumunda da benzer faktörlerin etkili olduğu buna ek olarak alanda bulunan bitkilerin fizyolojik faaliyetlerinde meydana gelen artışın da solunumu tetikleyebileceği düşünülmektedir. Zira en yüksek toprak solunum değerlerinin yaz (2,707  $\text{g C m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) ve ilkbahar (2,221  $\text{g C m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ ) mevsimlerinde tespit edilmesi bu görüşü destekler niteliktedir.

Bu yörede kayın plantasyonlarında yapılan bu aralama çalışmalarının önemli ölçüde karbon salımına neden olmadığı, mikrobiyal biyoması teşvik ettiği için toprak sağlığı açısından yararlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak bu çalışma bu yaş grubunda ve benzer ekolojik özelliklere sahip alanlar için geçerlidir. Sonuçları genelleştirebilmek için, farklı ekosistemlerde de bu tür araştırmalar çoğaltılmalıdır.

#### Bilgilendirme

Bu makale, Orman Genel Müdürlüğü Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından yürütülen “Trabzon Vakfıkebir Yöresinde Dikimle Yetiştirilmiş Kayın (*Fagus orientalis* L.) Meşçerelerinde Aralamaların Mikrobiyal Karbon, Toprak Solunumu ve Ölü Örtü Ayrışmasına Etkileri (2013-2018)/03.6405” adlı araştırma projesinden üretilmiştir.

#### Yazar Katkıları

Abdurrahman SEMERCİOĞLU: Çalışmayı planlamış, arazi çalışmalarında veri toplamış, analiz yapmış ve makalenin düzenlenmesinde katkıda bulunmuştur.

Filiz YÜKSEK: Arazi çalışmalarında veri toplamış, analiz yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Ömer KARA: Çalışmayı tasarlamış, analizlerin yapılmasında ve makalenin düzenlenmesinde katkıda bulunmuştur

Arzu AYGÜN: Arazi çalışmalarında veri toplamış ve analiz yapmıştır.

Arife SAYLAM: Arazi çalışmalarında veri toplamış ve analiz yapmıştır.

Selvinaz YILMAZ: Arazi çalışmalarında veri toplamıştır.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

### Kaynaklar

- Alef, K. ve Nannipieri, P. (1995). Soil respiration. *In: Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. eds. K. Alef and P. Academic Press, London, pp. 214–218.
- Akburak, S. ve Makineci, E. (2013). Temporal changes of soil respiration under different tree species. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 3349–3358, DOI:10.1007/s10661-012-2795-6
- Akburak S. ve Makineci E. (2016). Thinning effects on soil and microbial respiration in a coppice-originated *Carpinus betulus* L. stand in Turkey. *iForest*, 9, 783-790. DOI:10.3832/ifor1810-009
- Anderson, J. M. ve Ingram, J. S. I. (1996). *Tropical Soil Biology and Fertility A Handbook of Methods*. Second Edition, Cab International Wallingford, UK, 221 pp.
- Barg, A. K. ve Edmonds, R. L. (1999). Influence of partial cutting on site microclimate, soil nitrogen dynamics, and microbial biomass in Douglas-fir stands in western Washington. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 705–713. DOI:10.1139/x99-045
- Bolat, I. (2014). The effect of thinning on microbial biomass C, N and basal respiration in black pine forest soils in Mudurnu, Turkey. *European Journal of Forest Research*, 133, 131–139. DOI:10.1007/s10342-013-0752-8
- Bond-Lamberty, B. ve Thomson, A. (2010). Global database of soil respiration data. *Biogeosciences* 7(6), 1915–2010. DOI: 10.5194/bg-7-1915-2010
- Cregger, M. A., Schadt, C. W., McDowell, N. G., Pockman, W. T. ve Classena, A. T. (2012). Response of the soil microbial community to changes in precipitation in a semiarid ecosystem. *Applied and Environmental Microbiology*, 78, 24, 8587–8594. DOI:10.1128/AEM.02050-12
- Diaz-Ravina, M., Acea, M. J. ve Carballas, T. (1995). Seasonal changes in microbial biomass and nutrient flush in forest soils. *Biology and Fertility of Soils*, 19, 220-226.
- Drewitt, G. B., Black, T. A., Nesic, Z., Humphreys, E. R., Jork E. M., Swanson R., Ethier G. J., Griffis T. ve Morgenstern K. (2002). Measuring forest floor CO<sub>2</sub> fluxes in a Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 110, 299-317. DOI:10.1016/S0168-1923(01)00294-5
- Entry, J. A., Stark, N. M. ve Loewenstein, H. (1986). Effect of timber harvesting on microbial biomass fluxes in a northern Rocky Mountain forest soil. *Canadian Journal of Forest Research*, 16, 1076–1081. DOI:10.1139/x86-186
- Franzluebbers, K., Franzluebbers, A. J. ve Jawson, M. D. (2002). Environmental controls on soil and whole-ecosystem respiration from a tallgrass prairie. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 254-262. DOI:10.2136/sssaj2002.0254
- Giai, C. ve Boerner, R. (2007). Effects of ecological restoration on microbial activity, microbial functional diversity, and soil organic matter in mixed-oak forests of southern Ohio, USA. *Applied Soil Ecology*, 35, 281–290. DOI:10.1016/j.apsoil.2006.08.003
- Grogan, P. (1998). CO<sub>2</sub> flux measurement using soda lime: correction for water formed during CO<sub>2</sub> adsorption. *Ecological Society of America*. 79, 4, 1467-1468. DOI:10.1890/0012-9658(1998)079[1467:CFMUSL]2.0.CO;2
- Hughes, S. ve Reynolds, B. (1991). Effects of clear felling on microbial biomass phosphorus in the Oh horizon of an afforested podzol in Mid-Wales. *Soil Use and Management*, 7, 183-188. DOI:10.1111/j.1475-2743.1991.tb00872.x

- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D. W., Minkkinen, K. ve Byrne, K. A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137, 253–268. DOI:10.1016/j.geoderma.2006.09.003
- Jenkinson, D. S. ve Ladd, J. N. (1981). *Microbial biomass in soil: measurement and turnover*. Pages 415–472 in E. A. Paul and J. N. Ladd, editors. *Soil biochemistry*. Academic Press, Dekker, New York, New York, USA
- Kominoski, J. S., Hoellein, T. J., Kelly, J. J. ve Pringle, C. M. (2009). Does mixing litter of different qualities alter stream microbial diversity and functioning on individual litter species? *Oikos*, 118, 457–463. DOI: 10.1111/j.1600-0706.2008.17222.x
- Ladd, J. N., Amato, N. ve Butler, J. H. (1985). Decomposition of plant material in Australian soils. I. The effect of quantity added on decomposition and on residual microbial biomass. *Australian Journal of Soil Research*, 21(4), 563–570. DOI: 10.1071/SR9830563
- Monteith, J. L. (1964). *Journal of the Royal Meteorological Society*, 90 (383), 107.
- Özbayram, A. K. (2018). Doğu kayını meşcerelerinde aralamanın yaprak alan indeksine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (3), 590-598. DOI: 10.24011/barofd.437570
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S. ve Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333 (6045), 988–993. DOI: 10.1126/science.1201609
- Raich, J. W. ve Potter, C. S. (1995). Global Patterns of carbon dioxide emissions from soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 9, 23–36. DOI:10.1029/94GB02723
- Reichstein, M. ve Beer, C. (2008). Soil respiration across scales: The importance of a model-data integration framework for data interpretation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171(3), 344–354. DOI:10.1002/jpln.200700075
- Rowell, D. L. (1994). *Soil Science Methods and Applications*. Longman Scientific and Technical, Singapore, 350 pp.
- Santruckova, H. (1992). Microbial biomass, activity and soil respiration in relation to secondary succession. *Pedobiologia*, 36, 341-350
- Schilling, E., Lockaby, B. ve Rummer, R. (1999). Belowground nutrient dynamics following three harvest intensities on the Pearl River floodplain, Mississippi. *Soil Science Society of America Journal*, 63, 1856–1868. DOI:10.2136/sssaj1999.6361856x
- Selig, M. F., Seiler, J. R. ve Tyree, M. C. (2008). Soil carbon and CO<sub>2</sub> efflux as influenced by the thinning of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations on the piedmont of Virginia. *Forest Science*, 54,58–66. DOI:10.1093/forestscience/54.1.58
- Shi, S., Richardson, A. E., O'Callaghan, M., Jones, E. E., DeAngelis, K. M., Stewart, A., Firestone, M. K. ve Condon, L. M. (2011). Effects of selected root exudate components on soil bacterial communities. *FEMS Microbiology Ecology*, 77, 3, 600–610. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2011.01150.x
- Smith, J. L. ve Paul, E. A. (1990). *The significance of soil microbial biomass estimations*. In *Soil biochemistry*. Vol. 6. Edited by J.M. Bollag and G. Stotzky. Marcel Dekker, New York. pp. 357–396.
- Thibodeau, L., Raymond, P., Camire, C. ve Munson, A. D. (2000). Impact of precommercial thinning in balsam fir stands on soil nitrogen dynamics, microbial biomass, decomposition, and foliar nutrition. *Canadian Journal of Forest Research*, 30 (2), 229–238. DOI: 10.1139/x99-202
- Tolunay, D. ve Çömez, A. (2007). Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durum, *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*, 13- 14 Aralık 2007, İstanbul, 2007.
- Tüfekçioğlu, A. ve Küçük, M. (2004). Soil respiration in young and old oriental spruce stands and in adjacent grasslands in Artvin, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(6), 429-434.

- Wic Baena, C., Andres-Abellan, M., Lucas-Borja, M., Martínez-García, E., GarcíaMorote, F., Rubio, E. ve López-Serrano, F. (2013). Thinning and recovery effects on soil properties in two sites of a Mediterranean forest, in Cuenca Mountain (South-eastern of Spain). *Forest Ecology and Management*, 308,223–230. DOI:10.1016/j.foreco.2013.06.065
- Vance, E. D., Brookes, P. C. ve Jenkinson, D. S. (1987). Microbial biomass measurements in forest soils: The use of the chloroform fumigation-incubation method for strongly acid soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 19(6), 697–702. DOI:10.1016/0038-0717(87)90051-4
- Yılmaz, S. (2016). *Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky) Plantasyon Alanlarında Farklı Şiddetteki İlk Aralamaların Ağaçların Gelişimi, Toprak ve Ölü Örtü Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi*, Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Araştırma Projesi, Proje No: 03.1208/2009-2015, 72s.