



**YAŞLI KARAÇAM MEŞÇERELERİNDE FARKLI ŞİDDETLERDEKİ ÖRTÜ
YANGINLARININ TOPRAĞIN MİKROBİYAL BİYOKÜTLESİ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ: OSMANCIK ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ
ÖRNEĞİ**

Miraç KILIÇ

**Yüksek Lisans Tezi
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Prof. Dr. Bülent SAĞLAM**

2018

Artvin

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YAŞLI KARAÇAM MEŞÇERELERİNDE FARKLI ŞİDDETLERDEKİ ÖRTÜ
YANGINLARININ TOPRAĞIN MİKROBİYAL BİYOKÜTLESİ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ: OSMANCIK ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ
ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Miraç KILIÇ

**Danışman
Prof. Dr. Bülent SAĞLAM**

Artvin 2018

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yaşlı Karaçam Meşçerelerinde Farklı Şiddetlerdeki Örtü Yangınlarının Toprağın Mikrobiyal Biyokütlesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi: Osmancık Orman İşletme Şefliği Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Bülent SAĞLAM’ın sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 25/04/2018

Miraç KILIÇ

İmza

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YAŞLI KARAÇAM MEŞÇERELERİNDE FARKLI ŞİDDETLERDEKİ ÖRTÜ
YANGINLARININ TOPRAĞIN MİKROBİYAL BİYOKÜTLESİ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ: OSMANCIK ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ
ÖRNEĞİ**

Miraç KILIÇ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02/05/2018

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 11/05/2018

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bülent SAĞLAM

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Erol AKKUZU

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../.....

Enstitü Müdürü
Doç. Dr. Hilal TURGUT

ÖNSÖZ

“Yaşlı Karaçam Meşcerelerinde Farklı Şiddetlerdeki Örtü Yangınlarının Toprağın Mikrobiyal Biyokütlesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi: Osmancık Orman İşletme Şefliği Örneği” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Bülent SAĞLAM'a teşekkürlerimi sunarım.

Elde edilen verilerinin analiz edilmesinde ve tezin yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU'na, arazi çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Arş. Gör. Musa AKBAŞ'a teşekkür ederim.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Miraç KILIÇ
Artvin - 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ BEYANNAMESİ	I
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1 GİRİŞ	1
2 LİTERATÜR ÖZETİ	11
3 MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1 Materyal	15
3.1.1 Araştırma Alanının Tanıtımı	15
3.1.2 Coğrafi Konum.....	15
3.1.3 Araştırma Alanı İklim Özellikleri	17
3.1.4 Alanın Jeolojik Yapısı ve Toprak Özellikleri.....	18
3.2 Yöntem.....	20
3.2.1 Arazi Yöntemleri	20
3.2.2 Laboratuvar Yöntemleri.....	21
4 BULGULAR	25
4.1 Toprak Örneklerinin Mikrobiyal Karbon (C _{mic}) İçeriği	25
4.1.1 Üst Toprakta Mikrobiyal Karbon (C _{mic}) İçeriği	25
4.1.2 Alt Toprakta Mikrobiyal Karbon (C _{mic}) İçeriği.....	32
4.2 Toprak Örneklerinin Mikrobiyal Azot (N _{mic}) İçeriği.....	38
4.2.1 Üst Toprakta Mikrobiyal Azot (N _{mic}) İçeriği	38
4.2.2 Alt Toprakta Mikrobiyal Azot (N _{mic}) İçeriği.....	44
4.3 Toprak Özellikleri.....	52

4.3.1	Zamana Göre Toprak Özellikleri Değişimi.....	52
5	TARTIŞMA.....	58
6	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	62
7	KAYNAKLAR.....	64
	ÖZGEÇMİŞ.....	70



ÖZET

YAŞLI KARAÇAM MEŞÇERELERİNDE FARKLI ŞİDDETLERDEKİ ÖRTÜ YANGINLARININ TOPRAĞIN MİKROBİYAL BİYOKÜTLESİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ: OSMANCIK ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ

Bu çalışmada, Osmancık Orman İşletme Şefliği'nde 2013 yılının Aralık ayında gerçekleştirilmiş deneme yangınlarının toprak mikrobiyal biyokütlesi üzerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, yaşlı karaçam meşçeresinde, düz ve eğimli alanlarda orta ve düşük şiddetli deneme yangınlarının gerçekleştirildiği sahalardan toprak örnekleri düzenli olarak alınmıştır. Mikrobiyal biyokütlenin belirlenmesi için 0-5 ve 5-10 cm derinlik kademelerinden Aralık 2013, Aralık 2014, Nisan 2015 ve Ekim 2015 zamanlarında aynı noktalardan her dönemde 96 olmak üzere toplamda 384 toprak örneği alınmıştır. Mikrobiyal biyokütleyi belirlemek için yapılan toprak analizlerinde kloroform fumigasyon-ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Aralık 2013 döneminde yangının azaltıcı etkisi hem mikrobiyal karbon hem de mikrobiyal azot üzerinde görülmüştür. Aralık 2014 döneminde, kontrol sahalarına göre mikrobiyal azot ve karbon ortalamaları düşük çıkmıştır. Genel olarak kontrol sahalarının mikrobiyal karbon ve azot ortalamalarına Nisan 2015 ve Ekim 2015 dönemlerinde ulaşılmışsa da bazı sahalarda kontrol ortalamalarından yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle Ekim 2015 döneminde mikrobiyal azotun kontrol sahalarından fazla çıkması, vejetasyon dönemi sonuna doğru toprağın karbon ve azot stoğunda artış olabileceği, organik madde düzeyinin kararlı olduğunu bu yüzden mikroorganizma faaliyetlerinin artırmış olabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikrobiyal Biyokütle, Karbon, Azot, Orman Yangını, Karaçam.

SUMMARY

EFFECTS OF EXPERIMENTAL GROUND FIRES IN VARIOUS INTENSITIES ON SOIL MICROBIAL BIOMASS IN OLD-GROWTH BLACK PINE STANDS: A CASE STUDY ON THE OSMANCIK FOREST PLANNING UNIT, TURKEY

In this study, it was aimed to investigate the effects of the experimental fires on soil microbial biomass in the Osmancık Forest Management Unit in December 2013. For this purpose, soil samples were taken regularly from the burned areas where the intensity of the fire were medium and low and the surface was in flat and sloping on the old-growth black pine stands. In order to measure soil microbial biomass, 384 soil samples were taken at 0-5 cm and 5-10 cm depth stages from 96 randomly selected sampling points in December 2013, December 2014, April 2015 and October 2015. The Chloroform fumigation-extraction method was used for the soil analysis to determine microbial biomass. The results showed that in December 2013, the fire-reducing effect was observed on both microbial carbon and microbial nitrogen. In December 2014, microbial nitrogen and carbon averages were found to be low according to control zones. In general, the microbial carbon and nitrogen averages through the study site were reached to the same level as in the control sites in April 2015 and October 2015, but in some areas higher results were obtained. Especially in the period of October 2015, the increase of the carbon and nitrogen in the soil more than the increase of the microbial nitrogen in the control fields can be attributed to the increased microbial activity of the microorganisms towards the end of the vegetation period.

Keywords: Microbial Biomass, Carbon, Nitrogen, *Pinus nigra*, Surface Forest Fire

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Merzifon Meteoroloji İstasyonunun 1960-2013 Yıllarına Ait Meteorolojik Ölçüm Değerleri	18
Tablo 2. Merzifon Meteoroloji İstasyonunun 1250 m Yükseltideki Çalışma Alanına Enterpole Edilerek Bulunan Değerleri	18
Tablo 3 Mikrobiyal karbonun üst toprakta, eğim ve yangın şiddetine göre zamansal değişimi ve ortalama değerleri	25
Tablo 4. Mikrobiyal karbonun alt toprakta, eğim ve yangın şiddetine göre zamansal değişimi ve ortalama değerleri.	32
Tablo 5. Mikrobiyal azotun üst toprakta eğim ve yangın şiddetine göre değişimi ve ortalama değerleri.....	38
Tablo 6.Mikrobiyal azotun alt toprakta eğim ve yangın şiddetine göre değişimi ve ortalama değerleri.....	45
Tablo 7.Kum miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.....	52
Tablo 8.Toz miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.....	54
Tablo 9.Kil miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.....	55
Tablo 10. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında pH değerinin değişimi.	56
Tablo 11.Zamana göre yangın ve kontrol sahasında organik madde değerinin değişimi.	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Araştırma Alanının Coğrafi Konumu.....	16
Şekil 2. Üst toprak örneklerine ait mikrobiyal biyokütle C'nin dönemlere göre ve kontrol sahalarna göre değişimi.	26
Şekil 3. Aralık 2013 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	28
Şekil 4. Aralık 2014 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	29
Şekil 5. Nisan 2015 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	30
Şekil 6. Ekim 2015 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	31
Şekil 7. Alt toprak örneklerine ait mikrobiyal biyokütle C'nin dönemlere göre ve kontrol sahalarna göre değişimi.	33
Şekil 8. Aralık 2013 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	34
Şekil 9. Aralık 2014 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	35
Şekil 10. Nisan 2015 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	36
Şekil 11. Ekim 2015 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	37
Şekil 12. Üst toprak örneklerine ait mikrobiyal biyokütle N'nin dönemlere göre ve kontrol sahalarna göre değişimi.	39
Şekil 13. Aralık 2013 dönemi mikrobiyal N ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	41
Şekil 14. Aralık 2014 dönemi mikrobiyal N ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	42
Şekil 15. Nisan 2015 dönemi mikrobiyal N ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.	43
Şekil 16. Ekim 2015 dönemi mikrobiyal N ortalamaları eğim ve yangın şiddetine	

göre değişimi.....	44
şekil 17.Alt toprak rneklarine ait mikrobiyal biyokütle N'nin dönemlere göre ve kontrol saharına göre değişimi.. ..	46
şekil 18.Aralık 2013 dönemi mikrobiyal N ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi... ..	47
şekil 19.Aralık 2014 dönemi mikrobiyal N ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi... ..	49
şekil 20. Nisan 2015 dönemi mikrobiyal N ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.. ..	50
şekil 21.Ekim 2015 dönemi mikrobiyal N ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi.....	51
şekil 22.Kum miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.....	53
şekil 23. Toz miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.....	54
şekil 24. Kil miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.....	55
şekil 25.Zamana göre yangın ve kontrol sahasında pH değerinin değişimi.....	56
şekil 26. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında organik madde değerinin değişimi.	57

KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat derece
C	Karbon
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
C _{mic}	Mikrobiyal Karbon
C _{org}	Organik Karbon
DDŞ	Düz Düşük Şiddet
DOŞ	Düz Orta Şiddet
g	Gram
ha	Hektar
kg	Kilogram
m	Metre
EDŞ	Eğimli Düşük Şiddet
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MPa	Megapaskal basınç birimi
EOŞ	Eğimli Orta Şiddet
N	Azot
N _{mic}	Mikrobiyal Azot
N _{total}	Toplam Azot
p	Önem Düzeyi
µg	Mikro Gram

1 GİRİŞ

Yaşayan bir ekosistem olan orman, açıkta bulunan belli bir yerde, çevrenin tüm abiyotik faktörleri ile asli unsuru orman ağacı olan bitkiler, hayvanlar ve mikro organizmaların yani biyotik faktörlerin tümünü kapsayan bir birimdir. Açıkta bulunması nedeniyle canlı ve cansız bir çok tehlikeyle karşı karşıya bulunmaktadır. Orman için en tehlikeli biyotik faktör böceklerden sonra insandır. Nüfus artışları, yeni yerleşim yerleri, tarım arazileri açmak için yapılan genişletme çalışmaları ve sanayileşme gibi bir çok etkenden dolayı insan-doğa ilişkisi bozulmuş ve nihayetinde insan, ormanlar için büyük tehlike oluşturmuştur. Orman yangınları insanların oluşturduğu tehlikelerin başında gelmektedir. Nitekim dünyada görülen orman yangınlarının %98.8'i insan kaynaklı olarak ortaya çıkmaktadır (Doğanay, 2004).

Toprak mikroorganizmaları, faaliyetleri neticesinde toprak verimi açısından sürdürülebilirliği sağlarlar. Şöyle ki; bu mikroorganizmalar enerji ve besin ihtiyaçlarını karşılamak için organik artıkları parçalayıp ayrıştırarak, besin maddelerini bitkilerin yararlanabileceği forma dönüştürürler. Herbivor canlıların bitkileri tüketmesi, karnivor canlıların herbivor türlerle beslenmesi sonucunda ekosistemin enerji akışı sağlanmış olur. Bu enerji akışı, bitkisel ve hayvansal üretim açısından gerekli, dolayısıyla artan nüfusun çeşitli ihtiyaçlarını karşılamasıyla büyük bir önem taşımaktadır. Ayrıca yararlı toprak mikroorganizmaları ürettikleri zambak, reçine, filament ve misellerle toprak taneciklerinin agregatlaşmasına neden olurlar Böylece toprağın su ve havalanma kapasitelerine etki ederek toprağı rüzgar ve su erozyonundan korurlar (Kızıloğlu, 1995).

Toprakta sayısız denecek kadar çok tipte ve sayıda bitkisel ve hayvansal canlılar yaşamaktadır. Bunların çeşitli türlerinin büyüklükleri mikroskopik ölçülerden makroskopik ölçülere kadar değişmektedir. Mikrobiyal biyomass 5-10 μm^3 'den küçük yaşayan mikroorganizmardan oluşur ve organik maddenin bir parçası olarak tanımlanır. Mikrobiyal biyomass mantar, bakteri, protozoa gibi topraktaki mikroorganizmaları içermektedir. Bu canlıların yaşamsal faaliyetlerinin toprak

oluşumu ve toprak verimliliği üzerinde önemli etkileri vardır. Toprak canlılarının toprakların oluşumları, verimlilikleri ve toprak humusu ile ilgili etkilerini ve değerlerini gereği gibi anlamak için toprak populasyonunun genel özelliklerini, çeşitli tiplerinin özel faaliyetlerini ve ortam şartlarının toprak canlılarının varlıkları üzerindeki etkilerini bilmek gereklidir (Bolat, 2011). Bu çalışmada, toprak mikroorganizmalarının doğada yayılışı ve çoğalmalarına etki yapan fiziksel etmenlerden olan orman yangınlarının sebep olduğu değişimler araştırılacaktır.

Genel olarak, enzimler mikrobiyal hücreler içerisindeki tüm olayları kontrol etmektedir. Enzimlerin en çok etkilendiği çevresel faktör sıcaklıktır. Mikrobiyal enzimler için en uygun sıcaklık değeri en yüksek faaliyet gösterdikleri değerdir. Mikroorganizmalar suyun sıvı kalabildiği düşük sıcaklık derecelerinden suyun kaynama noktasına kadar faaliyetlerini sürdürerek yaşayabilmektedir. Tropikal bölgelerde yaz ortalarında toprak sıcaklığı yüzeyde 40 °C'ye kadar ulaşsa da, bu sıcaklık 5-10 cm gibi az bir derinlikte bile, konveksiyonun bulunmaması (termal iletkenliğin düşük olması) nedeniyle yüzeye göre çok düşebilir. Kaplıca suları bile sıcaklıkları çok yüksek olmasına (40 °C ve üstü) rağmen yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilen mikroorganizmalar içerirler. Yüksek sıcaklık derecelerinde mikroorganizmaların büyümelerini sürdürdükleri yerler sadece kaplıcalar değildir. Bir çok topraklarda da termofilik organizmalar yani normal olarak sıcaklık istekleri yüksek olan mikroorganizmalar vardır. Mikroorganizmalar sıcaklık isteklerine göre sınıflandırıldıklarında başlıca üç grup ortaya çıkar: i. Termofiller (45-60 °C sıcaklığa sahip çevrelerde büyüyenler), ii. Mezofiller (25-45 °C arasındaki sıcaklığa sahip çevrelerde büyüyenler) ve iii. Psikrofiller (0-25 °C arasındaki sıcaklığa sahip çevrelerde büyüyenler) (ÖNER, 2002).

Ormanlık alanda çıkan ve söndürülmesi güç olan yangınlar, bazı durumlarda toprağa zarar verirken bazen de fayda sağlayabilir. Toprak, küldeki yüksek mineral içeriği ve ayrıca mikrobiyal aktiviteyi arttıran öldürmeyen derecedeki yüksek sıcaklık ve nemli koşullardan dolayı yangın sonrasında besin açısından daha zengin hale gelebilir. Yüksek sıcaklık, toprak partiküllerinin su geçirmez olmasına ve yağmur suyunun yüzeysel akışla akıp gitmesine neden olabilir. Su, akıp gittiğinde toprak partiküllerini de taşıyacağından bu durum erozyona sebep olabilir.

Toprak mikroorganizmalarına yangınların etkileri çok geniş ölçülerde olabilmektedir. Bu etkiler yangın şiddetine, toprağın özelliklerine ve yangın sonrası çevresel şartlara bağlıdır. Herbir faktörün etki derecesi ele alınan toprak organizması tipine de bağlıdır (Vazquez ve ark., 1993; Pietikainen ve ark., 2000). Toprak mikroorganizmaları ısıya duyarlıdır ve nispeten düşük ısılardan etkilendikleri gibi yüksek ısılardan da etkilenmektedirler (Neary ve ark., 1999). Çam ormanlarındaki yangınlarda üst toprak sıcaklığı 300-700 °C arasında değişmektedir. Bu yüksek sıcaklık değerleri toprak mikroorganizmalarının ölmesi için yeterli olmasının yanısıra toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini de değiştirebilmektedir (DeBano ve ark., 1998). Scmidth (2007)'e göre mikrobiyal organizmaların yangın sonrası bozulmadan sonra tekrar eski haline dönmeleri diğer organizmalara nispeten daha hızlıdır. Bu üstün özellikleri toprak mikroorganizmaları için bitki ve hayvanlara göre eşsiz bir avantaj sağlamasının yanısıra toprak fonksiyonlarının belirlenmesinde de iyi bir indikatör özelliği kazandırmaktadır. Mikrobiyal kominitelerin yangın sonrası hızlı tepki vermeleri toprağın dayanıklılığını artırmaktadır. Bu hızlı restorasyon, bitki besin elementlerini biyokütle olarak tutarak yüzeysel akışla bu besinlerin orman ekosisteminden uzaklaşmasını da engellemektedir (Villar ve ark., 2004).

Toprak mikrobiyolojisine yangının doğrudan etkisi; yanma derinliğine, toprak tipine, yangının yayılması esnasında toprağın şartlarına bağlıdır. Yanma derinliğinin toprağa kalitatif etkisi şöyle açıklanmaktadır: yanma derinliği, yanma süresi ve yangın şiddeti olmak üzere iki parametreden oluşmuştur. Yangın şiddetinden kasıt, bir yangının meydana geldiği ortamda birim zamanda oluşturduğu enerji miktarıdır. Yanma derinliğinin bir diğer bileşeni, yanma süresi, toprağın ısıya maruz kalma süresi ile doğru orantılı olarak, toprak altı sisteme çok zarar vermektedir (Hartford ve Frandsen, 1992)

Yanan orman yanıcı maddelerinden, toprağın organik ve minearal tabakalarına ısı transferi; radyasyon, konveksiyon ve kondüksiyon gibi farklı yollarla olabilmektedir (Chandler ve ark., 1983). Hafif yanıcı maddelerden (bitki yaprakları, otlak, çayırlar, alt tabaka ağaç dalları) toprağa ısı transferi radyasyon ve konveksiyon ile olmaktadır. Ağır yanıcı maddelerden toprağa ısı transferi kondüksiyon ile olmaktadır. Toprak içinde ısının hızlı bir şekilde hareket etmesinde buharlaşma/yoğunlaşmanın önemli

rolü vardır. Suyun faz değiştirmesi ve organik bileşiklerin destilasyonu aşamalarında toprağa hızlıca ısı transferi olmaktadır (Neary ve ark., 1999).

Yangın davranış özellikleri ve yangın davranışını etkileyen faktörler yanma derinliğini de etkilemektedir. Bu faktörler: yayılma oranı, alev boyu, hangi yangın şiddetinin ne kadar devam ettiği, hava sıcaklığı, bağlı nem, en son görülen yağış miktarı, rüzgar, topoğrafya ve yanıcı madde özelliği (miktar, boyut, canlı ve ölü yanıcı maddedeki nem, yanıcı madde strüktürü ve kimyasal içeriği) (Ahlgren 1960; Raison 1979; Chandler ve ark., 1983).

İnce yanıcı madde ile hızlı ilerleyen yangın, sahada yoğun enerji yayabilir fakat orman tabanı ve mineral toprağa ısı transferi, ağır yanıcı madde ile yavaş ilerleyen yangına göre daha azdır. Toprağa ısı transferinin miktarı ve süresi, yanma derinliğinin fiziksel toprak özelliklerine, toprağın kimyasal bileşenlerine ve biyolojik öğelerine etkisini belirlemektedir. Toprakta biyolojik bozulma için eşik sıcaklık değeri 40-121 °C 'dir (Nearly ve ark., 1999). Bu sıcaklıklar mineral toprağın ilk bir kağ santimetresine genellikle ulaşmaktadır. Orman yangınlarında maksimum toprak yüzey sıcaklığı genellikle 200-300 °C aralığındadır (Rundell, 1983), fakat ağır yanıcı madde ile çok yüklenmiş yerlerde sıcaklık 500-700 °C'lere çıkabilmektedir (Dunn ve DeBano, 1977). Makilik alanlarda, toprak yüzeyindeki en yüksek sıcaklıklar 300-700 °C aralığında ölçölmüş iken en düşük toprak yüzeyi sıcaklığı 200-300 °C aralığında çayırılık alanlarda ölçölmüştür (Neary ve ark., 1999). Yangın esnasında toprağın en üst tabakası için ulaşılmış maksimum sıcaklık değerleri toprak mikroorganizmalarına tesir etmek için yeterli olmasının yanısıra diğer toprak özelliklerini etkilemek için de yeterlidir.

Bazı toprak özellikleri (organik madde içeriği ve toprak tekstürü gibi) toprak profiline ısı transferi noktasında belirleyici olmaktadır. Kuru topraklarda ısı derinlere sirayet edememektedir. Çünkü kuru topraklar kötü iletkendir (Bradstock ve Auld, 1995). Böyle durumlarda, toprak mikroorganizmaları üzerindeki yangın etkisinde toprak nemi belirleyici bir faktör olmaktadır. Buharlaşmanın gizli ısısu su tamamen buharlaşıncaya kadar toprak sıcaklığının 95 °C'yi aşmasını engeller (Campell ve ark., 1994). Toprak nemi yüzeyde ani ısı yükselmelerine engel olmaktadır; ancak, termal iletkenliği artırmaktadır. Toprak mikroorganizmalarını öldürmek için nemli ısı, kuru

ıııdan daha etkilidir; belirli mikrobiyal gruplar için ölümcül sıcaklıklar (50-210 °C), kuru topraklarla karşılaştırıldığında nemli topraklarda yarısına kadar düşürülebilir (Wells ve ark., 1979). Suyun havadan daha iyi bir ısı iletkeni olmasından ve mikroorganizmaların nemli ısıya karşı kuru ısıya olduklarından daha fazla hassas olmalarından dolayı, ıslak koşullar altında daha yüksek bir etki ortaya çıktığı bildirilmiştir (Choromanska ve DeLuca, 2001). Buna ilaveten, heterotrofik bakterilerin kuru toprakta hayatta kalma oranı nemli topraktakinden daha yüksektir (Wolf ve Skipper, 1994).

Yangının toprak mikrobiyolojisi üzerinde ilk anda olan etkisi mikrobiyal biyokütlenin azalması yönündedir. Toprağın üst yüzeyinde ulaşılan maksimum sıcaklıklar genellikle organizmaları öldürmek için yeterlidir (DeBano ve Ark., 1998). Çok şiddetli yangınlarda, üst toprak tamamen mikrobiyal canlılardan arınmaktadır. İzole laboratuvar koşullarında toprak mikroorganizmalarının sıcaklığa verdiği tepkiler için yapılan ısıtma deneylerinde, genellikle 70-80 °C ve üzerinde bir çok toprak mikroorganizmasının öldüğü ve bazı mikroorganizmaların sıcaklığa daha duyarlı olduğu görülmüştür. Bazı nitrifikasyon bakterileri, protozoa ve sporsuz mantar 70 °C'de ölmüştür. Arbüsküler mikoriza mantarları 80-90 °C sıcaklıkları arasında ölmüştür (Pattison ve ark., 1999). *Neosartorya fischeri* gibi bazı mikroorganizmalar termotolerant sporları sayesinde yangın sonrası dönemde baskındır, bunun sebebinin ise askosporlarının (asklı mantar sporu) termotolerant olması ve üremelerinin termik stres ile uyarılmasıdır (Widden ve Parkinson, 1975). Sterilizasyon, yani topraktaki mikroorganizmaların tamamen ölmesi, ilk olarak maruz kaldıkları sıcaklık değerlerine bağlıdır. Şöyle ki, mikrobiyal canlılar termotolerant derecelerine bağlı olarak yüksek sıcaklıklarda hayatta kalabilirler. Bunun yanı sıra, sıcaklığa ne kadar süre maruz kaldıkları da sterilizasyon için önemli bir faktördür.

Isının sterilizasyon etkisi bakterilere nazaran mantarlar için daha büyüktür (Bollen, 1969). Toprağın 15 dakikada (100 °C den 700 °C ye) ısıtılmasından sonra, Guerrero ve ark., (2005), bakteri sayısında büyük bir azalma olduğunu ve bu azalmanın doğrudan sıcaklık ile bağlantılı olduğunu ve bunun 500 °C de tespit edilebilir sınırların altındaki bakterilerin azalması ile ilgili olduğunu bulmuşlardır.

Bazı yazarlar 200 °C’de iki saatlik bir sürenin toprağın ilk santimetrelerinde sterilizasyon sıcaklığı oluşturduğunu (Acea ve Carballas, 1999) ve 100 °C nin üzerinde bir saatlik sürede bakteriyel popülasyonda bir azalma olduğunu belirtmişlerdir (Pritchett ve Fisher, 1987). Ancak, Labeda ve ark., (1975) gibi bazı yazarlar, üç saat boyunca 160 °C’ye kadar ısıtmaya maruz kalmanın komple sterilizasyon için yeterli olmadığını göstermişlerdir. Grasso ve ark. (1996), üç dakika boyunca 450 °C ye ısıtıldıktan hemen sonra bakteriyel sayıda küçük bir azalma tespit etmişlerdir. Toprak bakterilerindeki azalmaların genellikle toprak yüzey tabakasının (sadece 0-2 cm) içinde olduğu bildirilmiştir (Deka ve Mishra, 1983).

Mataix-Solera ve ark., (2002) tarla koşullarında deneysel bir yangından sonra bakteri toplulukları arasında anlamlı bir farklılık bulamamışlardır. Topraktaki yüksek nem ve yangının yüksek yayılma hızı (kısa süreli yangın olması) öldürme sıcaklıklarına ulaşılmasını engellemiş ve bu sonuçların alınmasına katkıda bulunmuştur. Dunn ve ark., (1985) ısının ve toprak neminin, ortak etkisiyle toprakta bulunan mikroorganizmaları öldürdüğünü bulmuşlardır. Onlar heterotrofik bakterilerin; kuru topraktakilerine nazaran (yüzde 3 nemli toprak), nemli toprakta (yüzde 20 nemli toprak) ısıya karşı en fazla duyarlı olan bakteri türü olduğunu bulmuştur; bununla birlikte, 30 dakika boyunca 120 °C ye kadar toprağın ısıtılmasından sonra, heterotrofik bakterilerde daha düşük bir hayatta kalma oranı gözlenmiştir (< % 1). Daha önce belirtildiği gibi nemli toprak, yüksek sıcaklıkların oluşmasını engellemektedir, ancak bakteriyel fizyolojik aktivite ve ısı direncini etkileyerek toprak profiline ısı transferini de desteklemektedir.

Bakterilerin sınıflandırılmasında Gram boyamaya karşı gösterdikleri tepki kullanılan kriterlerden birisidir. G⁺ ile gösterilen organizmalar kristal violet, füksin gibi boyalarla boyanabilen G⁻ ile gösterilen organizmalar ise sözkonusu boyaları kabul etmediği için boyanmadan kalırlar (Kızıloğlu, 1995). Farklı bakteri gruplarının davranışları analiz edildiği zaman, gram-negatif bakterilerin gram-pozitif bakterilere göre ısıya karşı daha duyarlı olduğu bulunmuştur (Mabuhay ve ark., 2006). Theodorou ve Bowen, (1982) analizlerinde floresan Pseudomonas’ın (gram-negatif basiller) ısıya karşı en duyarlı bakteriyel grup olduğunu bulmuşlardır. Bacillus spp. veya Clostridium spp., gibi bakteri grupları yangınlardan sonra farklı ekosistemlerde gözlemlenen ısıya dayanıklı

formlar oluşturabilirler ve 100 ve 120 °C arasındaki sıcaklıklarda yaşayabilirler (Yeager ve ark., 2005).

Aktinomisetler G⁺ aerobik ve prokaryot bakteriler olup, bakterilerle mantar arasında geçiş teşkil eder. Aktinomiset'lerin çoğu kuvvetli oksijenli koşulları tercih eder. Genel olarak toprak aktinomisetleri asit koşullara karşı az toleranslıdır (Öner, 2002). Bir yangından hemen sonra toprak yüzeyinin ilk santimetrelerinde, bu grubun miktarı önemli ölçüde azalabilir (Deka ve Mishra 1983). Ama diğer bazı yazarlar yangının toprağın üst katmanlarındaki aktinomisetlerin sayısını etkilemediği şeklinde zıt bir eğilim bulmuşlardır (Picone ve ark., 2003). Picone ve arkadaşlarına (2003) göre toprağın nem oranı bu davranışı açıklayabilen faktörlerden birisidir. Ancak, belirli aktinomisetleri izole etmek için çeşitli ısıl işlemler kullanılmaktadır. Hava ile kurutulmuş toprağın, 1 saat boyunca 120 °C'ye kadar ısıtılması; topraktaki *Actinomadura*, *Micromonospora*, *Microbispora*, *Microtetraspora*, *Streptosporangium* ve *Thermomonospora* nın izole edilmesi için seçici olmaktadır. *Streptomyces genera* cinsinin (Toprakta en çok bulunan aktinomiset cinsi olarak kabul edilir.) seçici izolasyonunda 60°C lik bir ısıtma işlemi kullanılmaktadır. Bu da ısı direncinin büyük olasılıkla bu mikroorganizmaların spor oluşturma yeteneği ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Toprağın bir parçası olan taksonomik ve fonksiyonel mantar grupları; saprofit mantarlar, parazitler ve simbiyotlardan 'zehirleyici' türleri olan (*nematodenfänger*) mantarlara kadar değişen bir yelpazede çok sayıda ve çeşitliliktedir; Ancak, mikoriza mantarları (bitkilerle simbiyoz oluşturanlar) hem nicel hem de nitel bakış açısından en önemli grubu oluşturmaktadır. Yayımlanmış bilgilerin çoğu genel olarak, Flamentöz mantarları ya da daha özel olarak Mikoriza mantarlarını ifade etmektedir. Mevcut literatür muhtemelen çalışılan yangınlardaki ve bunun yanında deneysel tasarımlardaki farklılıkların (yoğunluğu, şiddeti, etkilenen bitki örtüsü vb.) bir sonucu olarak biraz çelişkilidir. Flamentöz mantarların yangından en fazla etkilenen mikroorganizmalar olduğu görünmektedir (Acea ve Carballas, 1996), ve bunlar bakterilerden daha fazla duyarlıdır (Dunn ve ark., 1985). Bu durum Dunn ve arkadaşlarının (1985) işaret ettikleri gibi bu mantarların sıcaklığa karşı yüksek hassasiyetlerinden kaynaklanmaktadır. Deneysel bir yangından bir gün sonra, Mataix-Solera ve ark., (2002), toprak sıcaklığındaki küçük bir artışın bir sonucu olarak, mantar

propagüllerinde bir artış olduğunu gözlemlemişler ancak kültürlenebilir bakterilerde ise herhangi bir etki görmemişlerdir. Bu hafif ısıtma mikropları öldürmemiştir, ancak mantar sporlarının çimlenmesini teşvik etmemiştir.

Yangınların toprağın organik boyutlarında mantar biyokütlesinde önemli bir kayba neden olduğu açıktır, bu nedenle bu durumda Mikoriza'ların miktarları önemli ölçülerde azalmaktadır (Jonsson ve ark., 1999). Ancak, derin toprak katmanlarında gelişen Mikoriza'lar yüksek sıcaklıklara karşı daha fazla korunmakta ve hayatta kalmaktadır. ABD'de ponderosa çamı ormanları yangınlarından sonra, Stendell ve ark. (1999), mikoriza biyokütle azaltılması, organik boyutlarda sekiz misli olmasına rağmen, yangının şiddetinden bağımsız olarak mineral alt tabaka içindeki mikorizalarda önemsiz bir azalma olduğunu görmüşlerdir. Mikorizaların, ılıman ve nemli ekosistemlere nazaran, kurak veya yarı-kurak ortamlarda daha derin mineral topraklara yerleştikleri (mikorizaların kökler kadar derinlikte bulunduğu) not edilmelidir. Bu nedenle kurak ortamlarda yangınların mikorizalara etkileri daha az olmaktadır (Dahlberg, 2002).

Canlı organizmaları sınıflandırma yöntemlerinden birisi flora ve fauna olarak iki gruba ayırmaktır. Toprak faunası bundan başka, gövde uzunluklarına göre mikro, mezo- ve makrofauna olarak sırasıyla 0.2 mm den az, 0.2 ile 10.4 mm arası ve 10.4 mm den fazla olmak üzere ayrılmaktadır (Wallwork, 1970). Toprak yüzeyinde veya yakınında bulunan tüm canlı organizmalar ve organik maddeler, yüzeydeki ve orman zeminindeki yanıcı maddelerin yanmasından yayılan ısıya maruz kalmaktadır. Sonuç olarak, toprak mikro ve mezo-organizmaları genellikle doğrudan ölmekte ya da yangından dolayı yaralanmaktadırlar. Omurgasızlarda yangınların şiddeti ve sıklığının etkisinin araştırıldığı İsveç'te bir *P. sylvestris* ormanında, Wikars ve Schimmel (2001), tarafından yapılan bir araştırmada omurgasızlarda toplam ölüm oranının yüzde 59 ile yüzde 100 arasında değiştiği ve bunun da yangın tarafından tüketilen toprak organik maddesi oranına bağlı olduğu gösterilmiştir. Topraktaki omurgasızlarda yangının etkisini araştıran diğer çalışmalarda yangınların etkilerinin doğrudan ölüm, zorunlu göç gibi çeşitli mekanizmalara bağlı olduğu belirtilmektedir (Andersen ve Müller, 2000).

Genellikle yangınların toprağa -üzerinde yerleşik olarak yaşayan omurgasızlara-doğrudan etkilerinin, ısıdan kaçmak için toprak derinliklerine hareket eden omurgasızların hareketleri nedeniyle, mikroorganizmalar üzerinde olanlardan daha az olduğu gösterilmiştir (Certini, 2005). Çeşitli çalışmalarda yangınlardan hemen sonra microarthropod miktarında bir azalma olduğu bildirilmiştir; bununla birlikte, bu sonuçların çoğu yüksek-şiddetli olan yangın çalışmalarından elde edilmiştir (Sgardelis ve Magaris, 1993). Buna karşılık, diğer çalışmalarda microarthropod miktarına yanmanın bir etkisi olmadığı gösterilmiştir.

Bazı araştırmalar yangınların mikroorganizmalar üzerinde etkilerini; toprakta bulunan tüm mikrobiyal canlıları içeren bir havuzda mikrobiyal biyokütle ölçümü yoluyla incelemiştir. Genel olarak, toplam mikrobiyal biyokütle; bakteriyel ve mantar biyokütlesi toplamından oluşmaktadır. Böylece topraktaki pH gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak mantar biyokütlesi, toplam toprak mikrobiyal biyokütlesinin yüzde 30 ile yüzde 80'ine katkıda bulunmaktadır ve bakteriyel toprak biyokütlesinden genellikle daha fazladır. Bakteriler ile karşılaştırıldığında mantarların daha fazla ısı duyarlılığı olduğu göz önüne alındığında, yangın nedeniyle mikrobiyal biyokütlerde bir azalma olması beklenmektedir ve bu durum çalışmaların çoğunda gözlemlenmiştir.

Birçok toprak enziminin aktivitesi 60-70 °C'ye kadar artar ve daha sonra bozunma nedeniyle azalır. Enzimlerin tam olarak durması 180 °C'de meydana gelir (Tabatabai ve Bremner, 1970). Ciardi (1998), 100 °C'den yüksek sıcaklıklardaki aktivitelerin abiyotik reaksiyonlar nedeniyle olabileceğini öngörmektedir. Raison (1979), kapsamlı bir incelemesinde, bu tür ısı kararlı dekarboksilazları, kimyasal oksidasyon ve topraktaki organik maddelerin dekarboksilasyonun bir sonucu olarak oluşan abiyotik reaksiyonlara referans olarak göstermiştir.

Ülkemizde orman ekosistemlerinde yangın ekolojisi hakkında ve özellikle yangın-mikrobiyal ekoloji üzerine çalışmalar son yıllarda yapılmaktadır. Buna rağmen yapılan çalışmalar henüz yeterli düzeyde ve kapsamda değildir. Bu çalışmada, toprak mikroorganizmalarının doğada yayılışı ve çoğalmalarına etki eden fiziksel etmenlerden olan orman yangınlarının mikrobiyal biyokütleyle ilişkisi ele alınmıştır.

Bu amaçla Osmancık Orman İşletme Şefliği sınırlarında iki farklı eğimli (düz, eğimli) sahada iki farklı şiddette (düşük ve orta) deneme yangınları yapılmıştır. Mikrobiyal

biyokütlenin belirlenmesi için 0-5 ve 5-10 cm derinlik kademelerinden Aralık 2013, Aralık 2014, Nisan 2015 ve Ekim 2015 zamanlarında aynı noktalardan her dönemde 96 olmak üzere toplamda 384 toprak örneği alınmıştır. Deneme alanlarının son durumunu tespit etmek için Ekim 2015’de toprak örnekleri alınmıştır. Sonuçta orman yangınlarının mikrobiyal biyokütle üzerine olan etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır.



2 LİTERATÜR ÖZETİ

Dunn ve ark. (1985) Güney Kaliforniya’da gür çalılık sahalarda yaptıkları çalışmada, yangın ve toprak neminin topraktaki mikroorganizmaların hayatta kalmaları üzerindeki doğrudan etkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çeşitli toprak nemleri ile kombinasyon halinde toprak çeşitli derecelere kadar ısıtılmıştır. Mantarlar için, hafif ısıtma (40-120 °C) ısıtılmamış topraktakilere nazaran önemli oranda uyuyan formların çimlenmesini artırmıştır. Sıcaklık artışı ile birlikte (60 °C’den itibaren), mikrobiyal popülasyonlarda geometrik bir azalma görülmüştür. Heterotrofik toprak bakterileri için, bu azalma toprak nemi ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak özetlenmiştir. Mikrobiyal gruplar sıcaklığa olan duyarlılıkları açısından önemli biçimde farklılık göstermişlerdir. Sıcaklığa olan sırasıyla mantarlar, nitrit oksitleyiciler ve heterotrofik bakteriler şeklindedir. Nemli topraktaki fizyolojik olarak aktif popülasyonların, kuru toprakta uyuyan popülasyonlardan anlamlı derecede daha duyarlı olduğu belirlenmiştir. Sunulan matematiksel model, -planlı yanma sırasında olduğu gibi-toprağın kuru olmasına kıyasla yaş olduğu zaman daha fazla biyokütlenin öleceğini nitel olarak göstermektedir. Toprakta ölen mikrobiyal biyokütlenin mineralize olması ve bitkisel besinlerin açığa çıkması bitki büyümesindeki artışı ve yanan alanlardaki gübrelemeye verilen düşük tepkiyi kısmi olarak açıklamaktadır.

Wütrich ve ark. (2002), Güney İsviçre St. Antonino’daki kestane (*Castanea sativa* Mill.) orman yamacında deneme yangınları ile iki farklı yangın şiddetinin toprak mikrobiyal biyokütlesi ve toprak solunumu üzerindeki etkilerini ölçmüşlerdir. Normal yanıcı madde yükü bulunan yamaçtaki düşük yangın şiddetinin, toprak solunumu veya mikrobiyal biyokütle üzerinde herhangi bir önemli etkisi olmamıştır. Normalin iki katı yanıcı maddeye sahip bir yamaçta gerçekleşen daha yüksek şiddetli bir yangından 20 saat sonra, toprak solunumu artmış ve birkaç ay boyunca yüksek seviyede kalmıştır. Bu durumun, besinlerin yanmış olan yamaç üzerinden akması riskini artıracığı düşünülmüş olsa da, yanmamış kontrol alanlarına göre, toprak mikrobiyal biyokütle boyutunda değişiklik olmamış, hatta bir miktar azalma gerçekleşmiştir. Bu nedenle, toprak mikrobiyal biyokütlesi, yangın sonrası besin kayıplarının sınırlanmasında önemli bir rol oynamamıştır.

Kurak sezonda Afrika savanalarının yanması yaygın olarak görülen bir hadisedir ve toprağın kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Anderson ve ark. (2004), Etiyopya'nın Gambella bölgesi savana ormanlarında deneme yangınları çıkarmışlardır. Yangından 12 gün sonra, yanmamış alanlara göre yanmış alanlardaki mikrobiyal biyokütle C'un (C_{mic}) %52 (fümigasyon-ekstraksiyon) azaldığını tespit etmişlerdir. Hem bazal solunum hem de potansiyel denitrifikasyon enzim aktivitesi, yanmaya hemen cevap vermiş ve yangın sonrasında arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yanan arazi parçalarına ilave yanıcı madde eklenmesi sonucu artan yangın şiddetinden dolayı C_{mic} ve potansiyel denitrifikasyon enzim aktivitesinde azalmaya yol açmıştır. Yanmadan beş gün sonra, yağmur sonrasında kontrol sahalarına kıyasla yanmış alanlardaki toprak solunumu iki katına çıkacak şekilde kısa süreli bir artış görülmüş. Buna karşılık, yanmadan 12 gün sonra, aynı toprak parçalarında düşük toprak suyu içeriği ile örtüşür şekilde toprak solunumu yanmış alanlarda %21 daha düşük çıkmıştır. Yanma işlemi sonucunda, yanmadan 90 gün sonrasına kadar toprakta yüksek seviyeli çözünmüş organik C (%24-85) ve nitrat (%47-76) konsantrasyonları oluşmuştur. İyi havalandırılmış toprak koşulları ile birlikte yanmış alanlarda toprakta NO_3^- -N'sinde olan ancak NH_4^+ -N'de olmayan artış nitrifikasyon bakterilerinin yangın tarafından uyarıldığını ve NH_4^+ -N'yi hızlı bir şekilde NO_3^- -N'ye okside ettiklerini göstermiştir. Takip eden yağışlı sezonda, NO_3^- -N ve dolayısıyla da, potansiyel denitrifikasyon enzim aktivitesi seviyeleri kül birikiminden dolayı azaltılmıştır. Ayrıca, bu süre zarfında yanmış arazilerdeki C_{mic} seviyesi de düşmüştür. Ancak, mikrobiyal biyokütle de yangın kaynaklı değişiklikler önemli mevsimsel değişimler ile karşılaştırıldığında nispeten küçük çıkmıştır, bu da düşük şiddetli deneme yangınlarının toprağın mikrobiyal işleyişi üzerinde geçici etkileri olduğunu düşündürmektedir.

Topraktaki mikrobiyal topluluklar, topraktaki organik maddenin ayrışmasına aracılık eder. Solunan karbon (C) miktarı, CO_2 olarak topraktan ayrılır (toprak solunumu) ve küresel karbon döngüsü içindeki en büyük akışlardan birine neden olur. Bununla birlikte, toprakta bulunan mikrobiyal toplulukların küresel ısınmaya nasıl tepki göstereceği henüz yeterine anlaşılamamıştır. Isınmanın mikrobiyal topluluklar üzerindeki etkisini açığa kavuşturmak amacıyla, Schindlbacher ve ark. (2011), Avusturya Achenkirch'de, yapılan toprak ısınma deneyinden alınan toprakları analiz

etmişlerdir. Yaşlı bir ladin ormanından alınan toprak 2004-2010 yılları arasında kar yağışı bulunmayan mevsimlerde 4 °C ısıtılmıştır. Kontrol ve ısıtılmış topraklardan alınan tekrarlanan toprak numuneleri, 2008 yılından 2010 yılına kadar sürmüştür. Bu numunelerdeki, mikrobiyal biyokütle C ve azot (N) miktarları incelenmiştir. Mikrobiyal topluluk kompozisyonu, fosfolipid yağ asidi analizi ve ribozomal RNA genlerinin kantitatif gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyonu ile değerlendirilmiştir. Mikrobiyal metabolik aktivite, toprak solunumu/biyokütle oranları ve RNA/DNA oranları ile tahmin edilmiştir. Toprak ısınması ne mikrobiyal biyokütleyi ne de çoğu mikrobiyal grupların miktarlarını etkilemiştir. Isınma, mikrobiyal biyokütle C miktarı başına toprak solunumu açısından mikrobiyal metabolik aktiviteyi geliştirmiştir. Mikrobiyal stres biyobelirteçleri ısıtılmış topraklarda yükselmiştir. Özetle, karsız sezon boyunca toprak sıcaklığındaki 4 °C'lik artış, mikrobiyal topluluk kompozisyonu ve biyokütle üzerinde herhangi bir etkisi olmamış ancak, mikrobiyal metabolik aktiviteyi ve dolayısıyla azaltılmış karbon kullanımını verimliliğini önemli derecede artırmıştır.

Barros ve ark (1995), nemin topraktaki mikrobiyal aktivite üzerindeki etkisini incelemek için mikrokaleorimetre kullanmışlardır. Farklı nem rejimleri, toprak örnekleri için kaydedilen sıcaklık akışı hız-zaman eğrilerinde değişikliklere sebep olduğunu belirlemişlerdir, bu değişikliklerin mikrokaleorimetrik yöntemle hesaplanan toplam ısı gelişimi, mikrobiyal büyüme hızı sabiti ve büyüme verimi gibi bazı parametreleri etkilediğini gözlemlemişlerdir. Nem oranı, toplam ısı gelişimi ve mikrobiyal büyüme oranı sabiti arasında pozitif bir ilişki belirlemişlerdir. Bu parametrelerin değerleri topraktaki kuruluk ile birlikte azalmaktadır. Arazi kapasitesi nemi (%29), toprak mikrobiyal aktivitesi için optimum nem düzeyi gibi yorumlanmıştır.

Choromanska ve DeLuca (2001), yangın sırasında ortaya çıkan ısının toprak organik maddesinde yangın kaynaklı kimyasal oksidasyona sebep olması ve böylece karbon ve azot dönüşümlerini nasıl etkilediğini ortaya koymak amacıyla yaptıkları çalışmada; üç nem rejimi altında (-0.03, -1.0, ve -1.5 MPa) toprak ısıtmasının (160 ve 380 °C), son 80 yıldır yangına maruz kalmamış olan ve yakın zamanda şiddetli orman yangınına maruz kalmış alanlarda iki toprak örneğindeki mikrobiyal aktiviteyi etkilediğini değerlendirmişlerdir. Başlangıçta, yangına maruz kalan toprakta; düşük bazal solunum

oranları ve düşük mikrobiyal biyokütle C konsantrasyonları yangına maruz kalmayan topraklardan daha az bulmuşlardır. Her iki toprak da, yüksek sıcaklıklara benzer şekilde cevap vermiştir. Yüksek sıcaklıklar, daha yüksek mikrobiyal mortalite ile sonuçlanmıştır. Düşük toprak suyu potansiyellerinde yapılan ısıtma işlemi sonucunda, mikrobiyal biyokütle C artmış konsantrasyonları ortaya çıkmıştır. Başlangıçtaki C durumunun; 380 °C ve -1.5 MPa'da ısıtıldıktan sonra en yüksek seviyede olan 14 günlük ısıtma sonrası inkübasyon sırasında mikrobiyal biyokütlenin geri kazanılmasında önemli bir faktör olduğu görülmüştür.

Xingjia ve ark. (2014), Çin'de bulunan Büyük Khingan dağlarında bakteri topluluğunun orman yangınına verdiği tepkileri araştırmışlardır. Yangının, bakteri topluluğu kompozisyonunu önemli ölçüde değiştirdiği, yüksek şiddetli yangının ise yangından bir yıl sonraki alanda bakteriyel çeşitliliği önemli ölçüde azalttığı bulgulanmıştır. Bakteriyel topluluk kompozisyonu ve çeşitliliği, 11 yıl sonra kontrol bölgesinde (yangına maruz kalmayan) görülen benzer seviyelere geri dönmüştür. Elde ettikleri sonuçlar topraktaki bakterilerin bitki topluluklarından çok daha hızlı bir şekilde eski haline gelebileceğini göstermiştir. Son olarak, toprakta bulunan bakteri topluluğu kompozisyonu; toprak pH'si, nem içeriği, NH_4^+ içerik ve karbon/azot oranı ile birlikte önemli bir biçimde eş zamanlı olarak değişkenlik göstermiştir. Bu durum yangının edafik özellikleri değiştirerek bakteriyel toplulukları dolaylı olarak etkileyebileceğini göstermektedir.

3 MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma Alanının Tanıtımı

Araştırma alanı Orta Karadeniz Bölgesi, Çorum il sınırları içerisindedir. İdari yönden Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Çorum Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde Osmancık Orman İşletme Şefliğine bağlıdır. Osmancık İşletme Şefliği alanı 82459,60 ha olup 45688,40 ha ormanlarla kaplıdır.

Araştırma alanı güneşli bakıdadır ve ortalama yükseltisi 1250 m'dir. Deneme yangınlarının yapıldığı sahalarda iki eğim grubundadır. Düz alanların eğimi %0-10 arasında olup eğimli sahalarda %60-70 eğim grubundadır. Sahalarda düşük ve orta şiddetli deneme yangınları gerçekleştirilmiştir. Düşük şiddetli yangının uygulandığı meşcerelerde ortalama ağaç yaşı 80 dir. Orta şiddetli yangının gerçekleştirildiği sahalarda iki tabakalı meşcere vardır. Alt ve ara tabakadaki ağaçların yaşları 5-15 arasında değişmekte iken üst tabaka meşcere yaşı 80 dir. Orta şiddetli yangın uygulanan alanda üst tabakada bulunan ağaçların boyları 30 metredir. Dikey süreklilik bulunmamakta olup ağaçlarda dallanma 7-12 metre yükseklikten başlamaktadır. Ayrıca orta şiddetli yangın uygulanan alanlarda yer yer doğal dal budanmasına ve rüzgar kırmasına rastlanmaktadır. Düşük şiddetli yangın uygulanan sahalarda dikey süreklilik 5 ile 7 metreden itibaren başlamaktadır. Bu sahalarda ağaç boyları ortalama 20 metredir.

3.1.2 Coğrafi Konum

Araştırmanın yürütüldüğü saha 1:25000 ölçekli memleket haritasında Sinop F33 c2 paftasında yer almaktadır.



Şekil 1. Araştırma Alanının Coğrafi Konumu

3.1.3 Araştırma Alanı İklim Özellikleri

Araştırma alanında iklim özelliklerinin yükselti değişimlerine göre incellenmesine olanak sağlayacak uygun meteoroloji ağı mevcut değildir. Alana en yakın ve en uzun süreli ölçümlerin yapıldığı istasyon Amasya'nın Merzifon İlçesinde 759 metre yükseltide bulunmaktadır.

Yıllık yağışın her 100 m yükseltide 50-55 mm arttığı ve ortalama sıcaklığın her 100 m yükseltide 0,5 °C azaldığı kabul edilmektedir (Çepel, 1998).

$$Y_h = Y_o \pm 54 h$$

Y_h : Araştırma alanının yağış miktarı (mm)

Y_o : Meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış miktarı (mm)

h : Araştırma alanı rakımı ile meteoroloji istasyonu rakımı farkı (hm)

$$S = S_o \pm 0,5 h$$

S : Araştırma alanının sıcaklığı (°C)

S_o = Meteoroloji İstasyonunda ölçülen sıcaklık miktarı (°C)

h : Araştırma alanı rakımı ile meteoroloji istasyonu rakımı farkı (hm)

Merzifon Meteoroloji İstasyonu'nun 1960-2013 yıllarına ait meteorolojik ölçüm değerlerine bakıldığında ortalama sıcaklık en yüksek 45,6 °C ile Temmuz ayında, en düşük -2,5 °C ile Ocak ayında görüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca en yüksek ortalama yağışın 55,1 mm ile Mayıs ayında, en düşük ortalama yağışın 14 mm ile Ağustos ayında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Merzifon Meteoroloji İstasyonunun 1960-2013 Yıllarına Ait Meteorolojik Ölçüm Değerleri

	Aylar												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık (°C)	0,9	2,3	6,1	11,3	15,4	18,7	21,2	21,2	17,6	13,0	7,3	3,0	11,5
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18	21,0	28,4	32,3	33,9	37,5	42,6	39,8	37,5	34,0	25,3	21,5	31,0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-2,5	-1,7	1,2	5,7	9,3	12,3	14,7	14,7	11,4	7,6	3,0	-0,3	6,3
Ortalama Yağış (mm)	37,9	28,7	35,6	52,6	55,1	45,9	17,2	14,0	21,7	31,8	31,8	43,3	415,6
Ortalama Bağıl Nem	75,9	72,6	67,5	64	64,4	62,9	60,3	60,5	63,2	66,7	72	76,5	67,2
En Düşük Bağıl Nem	19	17	9	11	7	14	8	8	7	12	19	11	11,8

Ortalama veriler kullanılarak iklim özelliklerinin yükselti ile değişimi hesaplanmıştır. Araştırma alanına ait iklim analizleri Merzifon meteoroloji istasyonundaki veriler kullanılarak ortalama sıcaklık ve yağışlar 100 m'lik yükselti basamağına göre hesaplanmış araştırma alanının yükseltisine (1250 m) uyarlanmıştır. Enterpolasyon sonucu elde edilen değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Merzifon Meteoroloji İstasyonunun 1250 m Yükseltideki Çalışma Alanına Enterpole Edilen Değerleri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık Ortalama
Ortalama Sıcaklık (°C)	-1,4	0,4	3,8	9,0	13,1	16,4	18,9	18,9	15,3	10,7	5,0	0,7	9,3
Ortalama Yağış (mm)	58,2	49	55,9	72,9	75,4	66,2	37,5	34,3	42,0	52,1	52,1	63,6	659,14

3.1.4 Alanın Jeolojik Yapısı ve Toprak Özellikleri

Bölgenin jeolojik yapısı 3. Jeolojik zamanın sonlarında ve 4. Jeolojik zamanda oluşmuştur. İlk zaman jeolojik (Arkean, Prekambrien) devirlere ait metamorfik seri kayaç grubundan oluşan başkalaşım (metamorfik) topraklar vardır. Özellikle 3. jeolojik zamanın kütlelerinden olan jips (kireçtaşı) ve kayatuzu yatakları ile karbon miktarı % 75 kadar olan zengin linyit kömürü yataklarına rastlanmaktadır (DKMP, 2013).

Çalışma sahasında anamateryal ve toprak kalker anakayasından oluşmuştur. Alanın toprak tipi killi kumdur. Toprak özellikleri olarak, Karadeniz bölgesinin güney ve

güneydoğuya bakan yamaçlarında esmer orman toprakları bulunmaktadır (Kantarıcı, 2000).



3.2 Yöntem

3.2.1 Arazi Yöntemleri

3.2.1.1 Örnek Alanların Belirlenmesi

Araştırma için düşük ve orta şiddetli örtü yangını uygulanabilecek yangın sahaları ve aynı ekolojik özelliklere sahip yanan alanın bitişiğinde kontrol sahaları belirlenmiştir. Düşük şiddetli yangın sahaları yanıcı madde özelliklerine göre belirlenmiştir. Şöyle ki, ara ve alt tabakada diri örtü bulunmayan ve daha çok ölü örtü bulunan saha tercih edilmiştir. Orta şiddetli yangın uygulanacak saha ise ara ve alt tabakada daha yoğun yanıcı madde bulunan yerler arasından seçilmiştir. Örtü yangınının tepe yangınına dönüşmemesi için yanıcı maddenin dikey sürekliliği olmayan sahalarda seçmede belirleyici olmuştur.

Farklı şiddetlerdeki örtü yangınının topraktaki mikrobiyal karbon ve azota etkisini belirlemek için ; %10 ve %60 eğimlere sahip alanlarda düşük ve orta şiddetli deneme yangını için ekolojik özellikleri çok benzer 4 farklı saha seçilmiştir. Sahalar Düz Düşük Şiddet (DDS), Eğimli Düşük Şiddet (EDŞ), Düz Orta Şiddet (DOS) ve Eğimli Orta Şiddet (EOS) olarak adlandırılmıştır. Bu sahalarda Ekim 2013'de deneme yangınları uygulanmıştır.

3.2.1.2 Toprak Örneklerinin Alınması

Çalışmada, yangının hemen etkisinin ve uzun dönem etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Herbir sahada tüm alanın özelliklerini yansıtabilecek şekilde 12 adet örnekleme noktası belirlenmiştir. Toprak numuneleri her dönemde bu noktalardan alınmıştır. Yangın ardından hem kontrol hem de yanmış sahalardan iki farklı derinlik kademesinden (0-5, 5-10 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Uzun dönemli etkiyi ortaya koymak için yangından iki yıl sonra tekrar toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri alım zamanı sonbahar ve ilkbahar mevsimleridir. Herbir örnek alandan 24 adet toprak numunesi alınmıştır. Dolayısıyla herbir arazi çalışmasında 96 adet toprak örneği alınmıştır. Tüm çalışma boyunca; Aralık 2013, Aralık 2014, Nisan 2015 ve Ekim 2015 olmak üzere 4 dönemlik arazi çalışması yapılmış olup toplam 384 adet toprak örneği üzerinde mikrobiyal karbon ve azot ölçümleri yapılmıştır.

Sahada toprak örnekleri taze olarak 2 mm'lik elekten elenip etiklenerek çift naylon poşete koyulmuştur. Laboratuvar ortamında toprak örnekleri fumigasyon ve ekstraksiyon işlemleri için 4 °C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

3.2.2 Laboratuvar Yöntemleri

3.2.2.1 Toprakta Mikrobiyal Biyokütlenin Belirlenmesi

3.2.2.1.1 Fumigasyon ve Ekstraksiyon İşlemleri

2 mm'lik elekten geçirilmiş %45-55 su tutma kapasitesinde 30 g toprak (taze) örneği 50 ml'lik beherler içerisinde tartılmıştır. 30 g taze toprak örnekleri fumigasyon işlemi için alt kısmında silikajel ve nemli kağıt bulunan vakumlu desikatöre konulmuştur. 50 ml'lik beher içine 30 ml kloroform konulmuştur. Kloroformun hızla buharlaşması için 10-15 adet ponza taşı konulmuştur. Bu kloroform desikatörlerin içine taze toprak örnekleri ile konulmuştur. Desikatörün içindeki hava vakum pompasıyla boşaltılmıştır. Vakumlama işleminde dikkat edilecek nokta kloroformun (CHCl_3) kaynayıncaya kadar devam edilmesidir. Desikatörün önce musluğu kapatılmış ve pompadan ayrılmıştır. Desikatörün ortam ile hava alışverişini kesmek için kapağının yüzeyine vazelin sürülmüş ve parafin ile kaplanmıştır. Bu işlemden sonra desikatör 25°C sabit sıcaklıktaki, dışarıdan ışık almayacak inkübatörlerde 24 saat bekletilmiştir. Fumigasyonun ardından desikatör çeker ocağa alınmış ve önce musluğu sonra kapağı açılmıştır. 30 g 'lık toprak örnekleri 250 ml'lik erlenlere boşaltılmıştır. Daha önce hazırlanmış 0.5 M K_2SO_4 çözeltilerden 120 ml erlene eklenmiştir. Potasyum sülfat ve taze toprak örneklerinin karıştırıldığı 250 ml'lik erlenin ağzı sıkıca kapatıldıktan sonra 30 dakika boyunca 90 rpm hızında çalkalayıcıda dairesel yönde çalkalanmıştır. 30 dakika bitince erlenler çalkalayıcıdan alınmıştır. Erlenlerin içerisindeki potasyum sülfat ve topraklar Watman filtre kağıdıyla ışık almayan koyu kahverengi renkli şişelere filtrasyonu yapılmıştır. Ekstraktlar analizler yapıncaya kadar sıcaklığı 0 – 4 °C arasında olan buzdolabında analizler için saklanmıştır. Fumigasyonsuz ekstraktlar elde edilmesi için 30 g'lık taze toprak örnekleri erlenlere boşaltılmıştır. 120 ml'lik 0,5 M potasyum sülfat eklenmiştir. Ağzı sıkıca kapatılan erlenler 90 rpm hızla dairesel yönde 30 dakika çalkalayıcıya konulmuştur. Sürenin sonunda Watman filtre kağıdıyla koyu kahverengi şişelere filtrasyonu yapılmıştır. Analiz için ekstraktlar buzdolabında

(0 – 4 °C) muhafaza edilmiştir (Brookes et.al., 1985; Vance et. Al., 1987; Anderson ve Ingram, 1996).

3.2.2.1.2 Mikrobiyal Biyokütle C (C_{mic}) Tayini

Mikrobiyal karbon tayininde hem fumigasyonlu hem de fumigasyonsuz ekstratlar analize tabi tutulmaktadır. Mikrobiyal karbon tayini için ekstraktan 8 ml pipet yardımıyla 250 ml kjeldahl tüpüne boşaltılmıştır. Tüpe sırasıyla, 2 ml 0.4 M potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ve 0.07 g civa oksit (HgO) ve 10 ml sülfirik asit – 5 ml ortofosforik asit karışımı eklenmiştir. 250 ml kjeldahl tüpleri Behr K20 klasik yakma ünitesinde 30 dakika boyunca 150 °C’de yakılmıştır. Yakma işlemi bittikten sonra dikkat edilecek ilk husus tüplerin oda sıcaklığına soğuma için bekletilmesidir. Soğuyan tüplerin içerisine 20-25 ml saf su eklenmiştir. Örnekler titrasyon için 250 ml’lik erlenlere boşaltılmıştır. Titrasyonda indikatör olarak 1.10 phenanthroline kullanılmıştır. İndikatör ilave edildikten sonra renk morumsu yeşile dönmektedir. Ardından 0.4 N $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ (demir amonyum sülfat) ile titre edilerek tüketilen $K_2Cr_2O_7$ (potasyum dikromat) bulunmuştur. Titrasyona son vereceğimiz zaman örneklerin renklerinden anlaşılır. Şöyle ki, renk kırmızımsı kahverengine döndüğü anda titrasyon bitirilir ve harcanan demir amonyum sülfat miktarı mililitre olarak bulunmuş olur.

Mikrobiyal biyokütleyi C μg cinsinden hesaplanması için şu eşitlikler kullanılmıştır (Anderson ve Ingram, 1996).

$$Biyokütle C (mg^{-1}) = (B - V) \times N \times 0,003 \times \frac{120 + \phi}{W_t} \times \frac{1000}{V_1} \times 1000$$

$$E_c = (biyokütle C_{fumigasyonlu} - biyokütle C_{fumigasyonsuz})$$

$$Mikrobiyal Biyokütle C = E_c \times 2.64$$

B= Kör için harcanan $Fe(NH_4)_4(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ hacmi (ml)

V=Örnek için harcanan $Fe(NH_4)_4(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ hacmi (ml)

N=Harcanan $Fe(NH_4)_4(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ normalitesi (0.3950 N)

0.003, buradaki 3 karboun (C) ekivalen ağırlığı

\emptyset = Kullanılan 30 g toprağın higroskopik nemi

W_t =Taze toprak ağırlığı

V_1 =Yakma için kullanılan ekstrakt

2.64=Karbon (C)

3.2.2.1.3 Mikrobiyal Biyokütle N (N_{mic}) Tayini

Mikrobiyal azot tayininde hem fumigasyonlu hem de fumigasyonsuz ekstraktlar analize tabi tutulmaktadır. Pipet kullanılarak, ekstraktan 50 ml örnek 250 ml'lik kjeldahl tüpüne aktarılmıştır. Sonrasında, molaritesi 0.2 olan bakır sülfat (CuSO₄) çözeltisinden 1 ml yakma tüpüne eklenmiştir. Ardından, yakma tüpleri içerisine % 96'lık sülfirik asit (H₂SO₄) ilave edilmiştir. Elde edilen karışım Behr K20 yakma ünitesinde yakılmıştır. Yakma işlemi kademeli yapılmıştır. Şöyle ki, 3 dakika 100 °C'de, 4 dakika 150 °C'de, 5 dakika 260 °C'de yakıldıktan sonra 180 dakika 380 °C yakılmıştır. Yakma işlemi sonunda tüpler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Ardından 50 ml saf su eklenir. Sülfirik asitle saf su tepkimeye girdiği için tüpler tekrar ısınmaktadır. Bu yüzden soğuması için biraz daha zamana ihtiyaç vardır. Soğuma işlemi tamamlandıktan sonra kjeldahl tüpündeki örnekler 250 ml'lik erlenlere alınmıştır. Saf su ilavesi ile erlenlerin içindeki çözelti 250 mililitreye tamamlanmıştır. Hazırlanmış olan bu örnekten 50 ml alınarak destilasyon yapılmıştır. Bu çalışmada destilasyon işlemi Behr Steam Distillation Unit'de yapılmıştır. Destilasyon işleminde amonyum (NH₄) alkali ortamda buharlaştırılıp, zayıf asidik ortamda amonyak (NH₃) olarak fikse edilmiştir. Sonrasında elde edilen sıvı titrasyona tabi tutulmuştur. İndikatör olarak brome-kroze kullanılmıştır. Titrasyon 0.00714 N sülfirik asit (H₂SO₄) ile yapılmıştır (Brookes ve ark., 1985; Anderson ve Ingram, 1996).

Mikrobiyal biyokütleyi N μ g cinsinden hesaplanması için şu eşitlikler kullanılmıştır (Anderson ve Ingram, 1996).

$$\text{Biyokütle N } (\mu\text{g g}^{-1}) = (S - B) \times N \times 14.01 \times \frac{120 + \emptyset}{W_t} \times \frac{250}{S_1} \times \frac{1000}{S_2}$$

$$F_N = (\text{biyokütle } N_{\text{fumigasyonlu}} - \text{biyokütle } N_{\text{fumigasyonsuz}})$$

$$\text{Mikrobiyal Biyokütle } N = \frac{F_N}{kN}$$

S = Titrasyonda harcanan sülfürik asit hacmi (ml) , Örnek

B= Titrasyonda harcanan sülfürik asit hacmi (ml), Blank (Kör)

N= Sarf edilen sülfürik asit normalitesi (0.00714 N)

14.01 = Azotun atomik ağırlığı

\emptyset = Toprak örneğinin higroskopik nemi

W_t = Toprak örneğinin taze ağırlığı (30 g)

S_1 = Yakma için kullanılan ekstrak (50 ml)

S_2 = Destilasyon için kullanılan ekstrak (50 ml)

kN = Mikrobiyal azotun katsayısı (0.54)

4 BULGULAR

4.1 Toprak Örneklerinin Mikrobiyal Karbon (C_{mic}) İçeriği

4.1.1 Üst Toprakta Mikrobiyal Karbon (C_{mic}) İçeriği

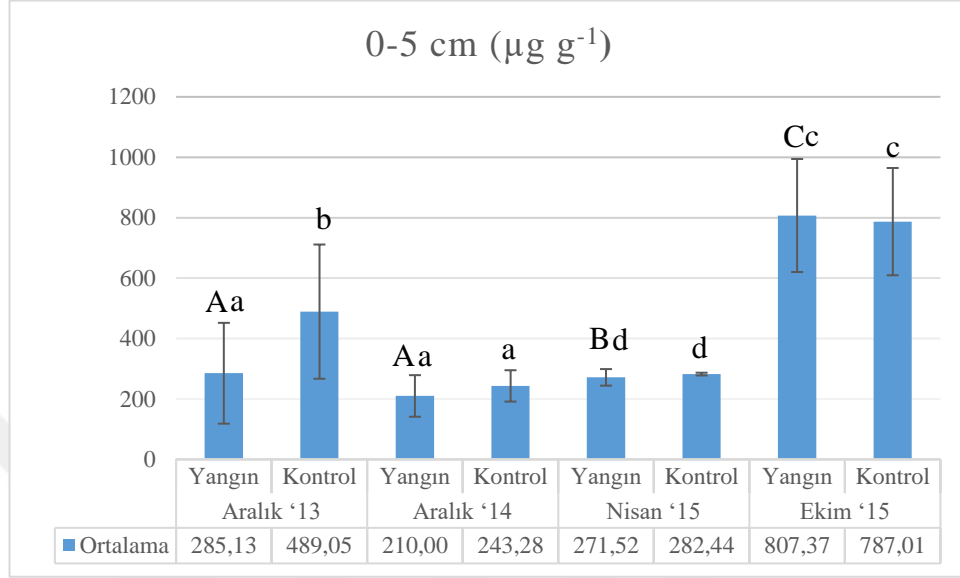
Araştırma alanlarından farklı zamanlarda alınan toprak örneklerinin en düşük C_{mic} içeriği yangından hemen sonra alınmış düz düşük şiddetli sahada Aralık 2013 ($94,912 \mu\text{g g}^{-1}$) ve en yüksek mikrobiyal biyokütle C içeriği aynı sahada Ekim 2015 ($1126,785 \mu\text{g g}^{-1}$) örneklerinde tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin mikrobiyal biyokütle C'unun üst toprakta, eğim ve yangın şiddetine göre zamansal değişimi ve ortalama değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Mikrobiyal karbonun üst toprakta, eğim ve yangın şiddetine göre zamansal değişimi ve ortalama değerleri

		0-5 cm ($\mu\text{g g}^{-1}$)									
		Aralık '13		Aralık '14		Nisan '15		Ekim '15		Ortalama	
		Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol
Düz	Düşük Şiddet	94,91	216,28	111,89	184,14	300,89	281,16	1126,79	637,37	408,62	329,74
	Orta Şiddet	208,89	331,45	253,66	299,62	278,77	288,55	657,98	642,72	349,83	390,58
Eğimli	Düşük Şiddet	288,27	651,49	182,83	289,86	234,89	277,6	698,02	1074,87	351	573,46
	Orta Şiddet	310,59	756,99	291,61	199,5			746,69	793,08	528,92	583,19
Yanma Durumu ortalaması		225,66	489,05	210	243,28	271,52	282,44	807,37	787,01	409,59	469,24
Düz Eğim ortalaması		151,9	273,86	210	241,88	289,83	284,85	892,38	640,05	379,22	360,16
Yüksek Eğim ortalaması		299,43	704,24	237,22	244,68	234,89	277,6	722,36	933,97	439,96	578,32
Düşük Şiddet ortalaması		191,59	433,89	147,36	237	267,89	279,38	912,4	856,12	379,81	451,6
Orta Şiddet Ortalaması		259,74	544,22	272,63	249,56	278,77	288,55	702,33	717,9	439,37	486,89

Çalışma kapsamı içerisinde yer alan sahaların üst toprak C_{mic} içeriklerinin dönemsel olarak farklılık gösterip göstermediklerini ortaya koyabilmek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Varyanslar homojen olmadıkları için Tamhane'ni T2 testi uygulanmıştır. Yanmış sahalarda incelenen toprakların C_{mic} içeriğinin, %5 önem düzeyinde yapılan

analiz sonucuna göre; Aralık 2013-Ekim 2015, Aralık 2014-Nisan 2015, Aralık 2014-Ekim 2015 ve Nisan 2015-Ekim 2015 dönem ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$).



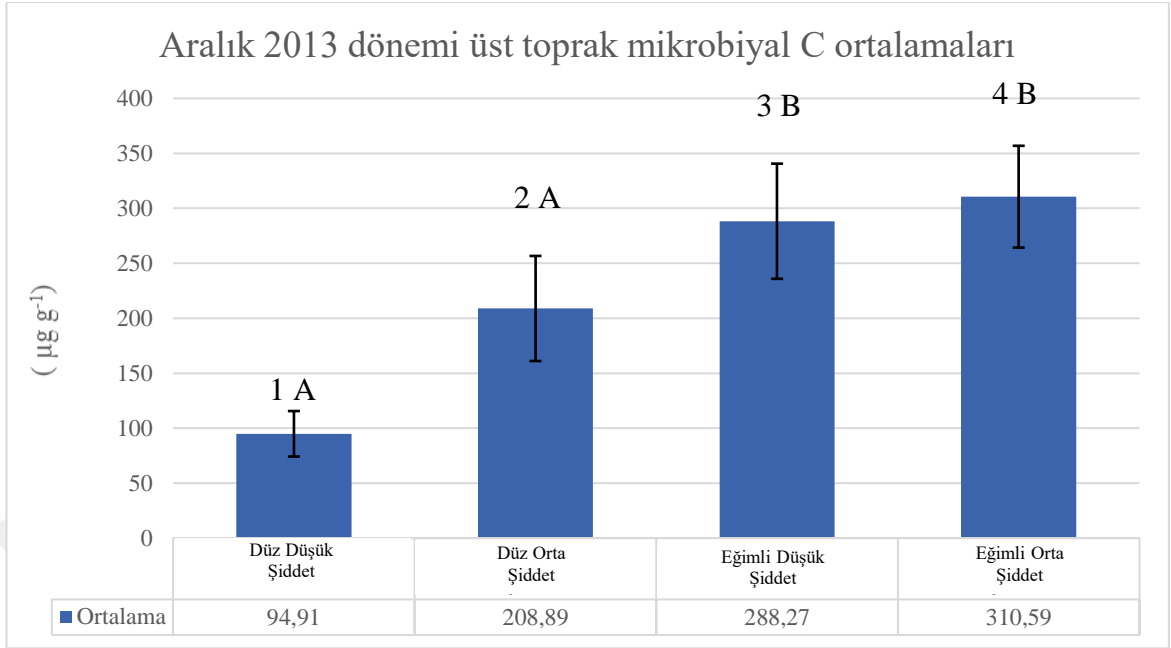
Şekil 2. Üst toprak örneklerine ait Cmic'in dönemlere göre ve kontrol sahalarına göre değişimi. Büyük harfler dönemler arası ortalamaların farklı olup olmadığını, küçük harfler dönem içi ortalamaların anlamlı farklı olup olmadığını göstermekte

Dönemler içerisinde yangın ve kontrol sahaları arasında Cmic ortalamalarında anlamlı farklılık olup olmadığını tespiti için Paired Sample T-Test uygulanmıştır. Analiz sonucuna göre (Şekil 2); Aralık 2013'de yangın ve kontrol sahalarına ait mikrobiyal Cmic anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Aralık 2014 dönemi için %5 önem düzeyinde Paired Sample T-Test sonucuna göre; yanmış ve kontrol sahalarına ait Cmic ortalamalarında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$). Nisan 2015 döneminde yanmış ve kontrol sahalarında % 5 önem düzeyinde yapılan Paired Sample T-Test'e göre; Cmic ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Aynı yöntemle Ekim 2015 dönemi için yapılan istatistik testine göre; Ekim 2015 döneminde yanmış ve kontrol sahaları Cmic ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Farklı eğitim gruplarının Cmic ortalamalarını kıyaslamak için yangın şiddeti ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı yangın şiddetine sahip sahaların Cmic ortalamaları karşılaştırılmıştır (Şekil 3).

Aralık 2013 dönemi için %5 önem düzeyinde Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; düz-düşük şiddet ($94,91 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli-düşük şiddet ($288,26 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlılık düzeyi 0,008 çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den küçük çıktığı için ortalamalar arasında anlamlı farklılık olduğu bulunmuştur. Düz-orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ($208,89 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması ile meyilli orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ($310,59 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması arasında Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; anlamlılık düzeyi 0,008 çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den küçük çıktığı için ortalamalar arasında anlamlı farklılık olduğu bulunmuştur.

Yangın şiddetine göre grupların Cmic ortalamalarını kıyaslamak için eğim ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı eğime sahip sahaların Cmic ortalamaları karşılaştırılmıştır (Şekil 3). Örnek sayısı az olduğu için parametrik test uygulanamamıştır. Bu yüzden Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test uygulanmıştır. Aralık 2013 dönemi için Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; düz düşük şiddet Cmic ortalaması ($94,91 \mu\text{g g}^{-1}$) ile düz orta şiddet Cmic ortalaması ($208,89 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan testte anlamlılık derecesi 0,051 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık yoktur. Eğimli düşük şiddet Cmic ortalaması ($288,26 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli orta şiddet Cmic ortalaması ($310,59 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan istatistik teste göre; anlamlılık derecesi 0,514 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık yoktur.

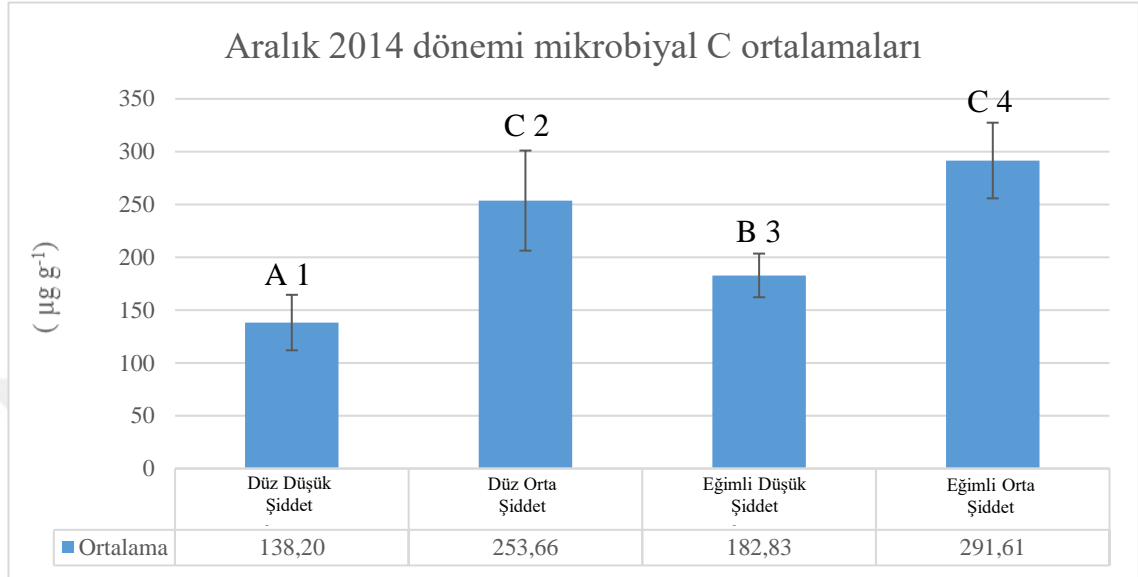


Şekil 3. Aralık 2013 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi. Harfler eğim açısından farklılığı, rakamlar yangın şiddeti açısından farklılığı göstermektedir.

Aralık 2014 dönemi için farklı eğim gruplarının mikrobiyal biyokütle C ortalamalarını karşılaştırmak için düz düşük şiddet ile eğimli düşük şiddet ve düz orta şiddet ile meyilli orta şiddet ortalamaları kıyaslanmıştır. Böylelikle, şiddet faktörü sabit tutularak eğimin etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla yapılan istatistik testinde parametrik test şartları -örnek sayısının azlığından dolayı- sağlanmadığı için non parametrik test uygulanmıştır. Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 4); düz düşük şiddet mikrobiyal C ortalaması ($138,19 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli düşük şiddet mikrobiyal C ortalaması ($182,83 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,015). Düz orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($253,65 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($291,60 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında, farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,110).

Aynı dönem için farklı yangın şiddetinin mikrobiyal biyokütle C ortalamasına etkisini test etmek için aynı eğim grubundaki sahaların ortalamaları kıyaslanmıştır (Şekil 4). Düz düşük şiddet mikrobiyal C ortalaması ($138,19 \mu\text{g g}^{-1}$) ile düz orta şiddet mikrobiyal C ortalaması ($253,65 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık vardır (anlamlılık

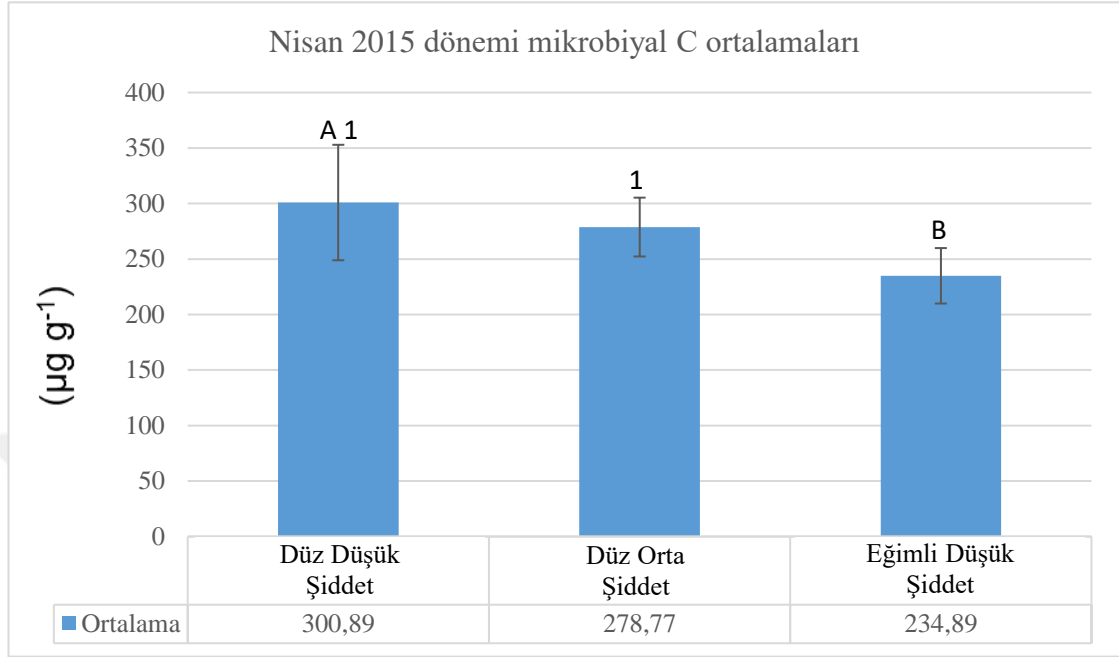
derecesi 0,008). Eğimli düşük şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($182,83 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($291,60 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008).



Şekil 4. Aralık 2014 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi. Harfler eğim açısından farklılığı, rakamlar yangın şiddeti açısından farklılığı göstermektedir.

Nisan 2015 dönemi için yapılan arazi çalışmasında orta şiddet yangın uygulanan eğimli sahadan örnek alınamamıştır. Sebebi ise yoğun kar yağışı olduğundan sahaya giden yolun kapalı olmasıdır. Bu dönem için diğer sahalardan örnekler alınmıştır. Mikrobiyal biyokütle C üzerine farklı eğim gruplarının etkisini ortaya koymak için yanma şiddeti aynı olan fakat farklı eğimlerdeki sahaların mikrobiyal biyokütle C ortalamaları istatistik teste tabi tutulmuştur (Şekil 5). Örnek sayısının azlığından dolayı parametrik test şartları sağlanmadığından non parametrik test uygulanmıştır. Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; düz düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($300,89 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($234,88 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,028). Yangın şiddetinin mikrobiyal biyokütle C üzerine etkisini ortaya koymak için aynı eğim grubunda olan farklı yanma şiddeti uygulanmış sahalarda istatistik teste tabi tutulmuştur. Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; düşük şiddet yangın uygulanmış düz alanın Cmic ortalaması ($300,89 \mu\text{g g}^{-1}$) ile orta şiddet yangın

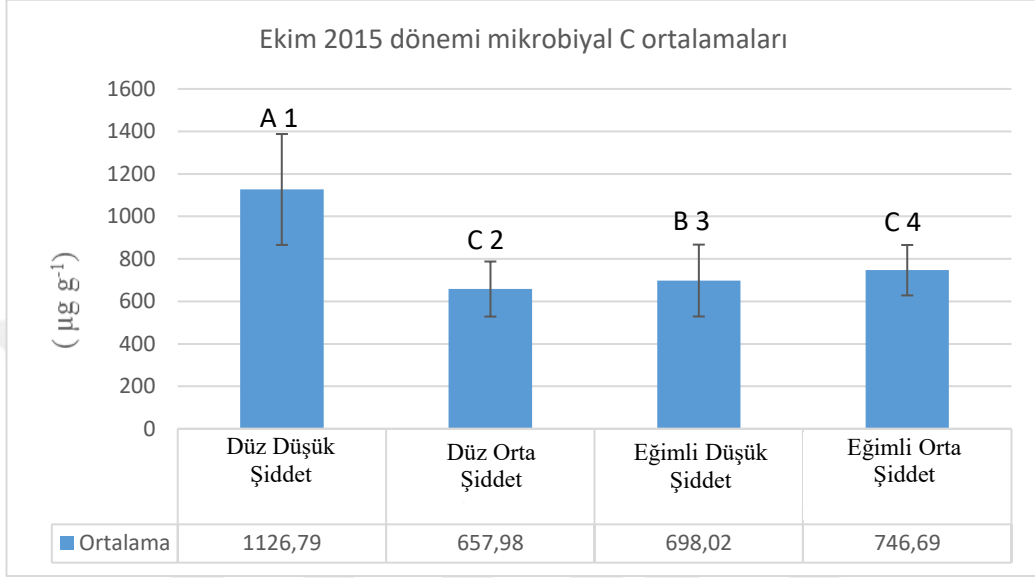
uygulanmış düz alanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($278,77 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,260).



Şekil 5. Nisan 2015 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi. Harfler eğim açısından farklılığı, rakamlar yangın şiddeti açısından farklılığı göstermektedir.

Ekim 2015 döneminde mikrobiyal biyokütle C ortalamasının eğime göre olan değişimini ortaya koymak için aynı yangın şiddetinde farklı eğime sahip sahalardan alınan örneklerin mikrobiyal biyokütle C ortalamaları istatistik teste tabi tutulmuştur. Örnek sayısının 30'dan az olmasından dolayı parametrik test şartları sağlanmadığından paired sample t testin non parametrik karşılığı olan wilcoxon signed ranks test uygulanmıştır (Şekil 6). Düz düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($1126,78 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($698,02 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008). Orta şiddetli yangın uygulanmış düz sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($657,97 \mu\text{g g}^{-1}$) ile aynı yangın şiddeti uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($746,69 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,260). Aynı dönemde, yangın şiddetinin mikrobiyal biyokütle C ortalamasına etkisini ortaya koymak için aynı eğim grubundaki ortalamalar kıyaslanmıştır. Düz alanda düşük şiddetli yangın uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($1126,78 \mu\text{g g}^{-1}$) ile orta şiddetli yangın uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($657,97 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık

vardır (anlamlılık derecesi 0,008). Eğimli alanda düşük şiddet uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle C (698,02 $\mu\text{g g}^{-1}$) ile orta yangın şiddeti uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması (746,69 $\mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,514).



Şekil 6. Ekim 2015 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi. Harfler eğim açısından farklılığı, rakamlar yangın şiddeti açısından farklılığı göstermektedir.

4.1.2 Alt Toprakta Mikrobiyal Karbon (Cmic) İçeriği

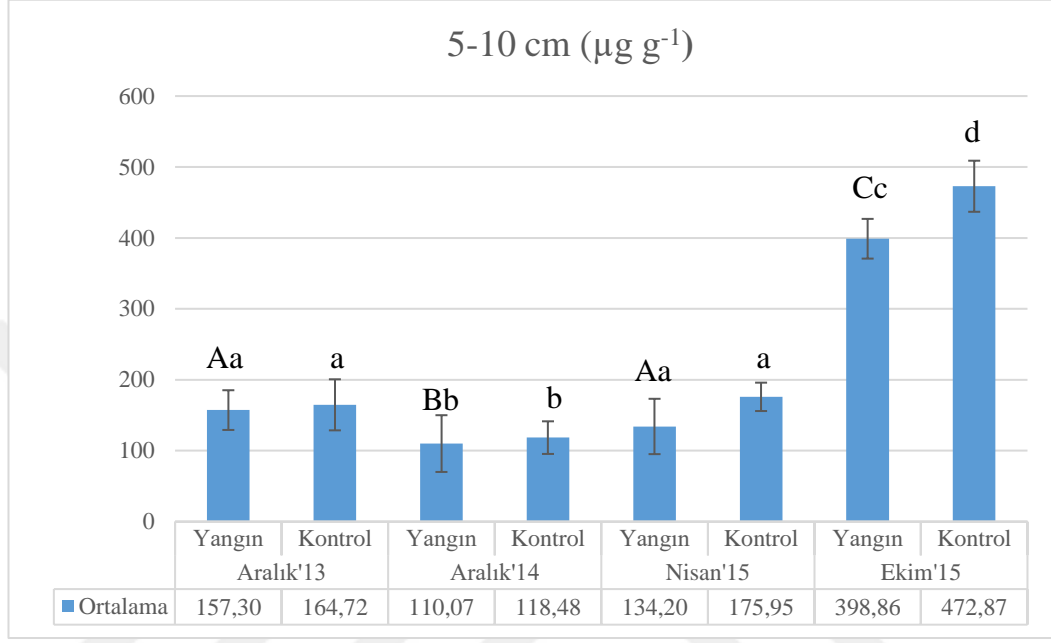
Araştırma alanlarından farklı zamanlarda alınan alt toprak örneklerinin en düşük mikrobiyal biyokütle C içeriği Aralık 2014 dönemi eğimli düşük şiddet ($48,71 \mu\text{g g}^{-1}$) ve en yüksek Cmic düz düşük şiddet Ekim 2015 döneminde ($571,48 \mu\text{g g}^{-1}$) tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin mikrobiyal biyokütle C'unun alt toprakta, eğim ve yangın şiddetine göre zamansal değişimi ve ortalama değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Mikrobiyal karbonun alt toprakta, eğim ve yangın şiddetine göre zamansal değişimi ve ortalama değerleri.

		5-10 cm ($\mu\text{g g}^{-1}$)									
		Aralık '13		Aralık '14		Nisan '15		Ekim '15		Ortalama	
		Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol
Düz	Düşük Şiddet	65,64	92,58	84,57	88,36	172,9	166,03	571,4	257,50	223,6	151,12
	Orta Şiddet	92,71	90,51	154,5	123,92	137,0	189,92	367,3	438,64	187,9	210,75
Eğimli	Düşük Şiddet	160,2	303,66	67,56	48,71	92,61	171,93	453,9	707,69	193,5	308,00
	Orta Şiddet	310,5	172,15	133,6	137,86			202,7	487,65	215,6	265,89
Yanma Durumu ortalaması		157,3	164,73	110,0	99,71	134,2	175,96	398,8	472,87	205,2	233,94
Düz Eğim ortalaması		79,18	91,55	119,5	106,14	155,0	177,98	469,3	348,07	205,7	180,93
Yüksek Eğim ortalaması		235,4	237,91	100,5	93,29	92,61	171,93	328,3	597,67	204,6	286,94
Düşük Şiddet ortalaması		112,9	198,12	76,07	68,54	132,7	168,98	512,7	482,60	208,6	229,56
Orta Şiddet Ortalaması		201,6	131,33	144,0	130,89	137,0	189,92	285,0	463,15	201,7	238,32

Çalışma kapsamı içerisinde yer alan sahaların üst toprak mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin dönemsel olarak farklılık gösterip göstermediklerini ortaya koyabilmek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Varyanslar homojen olmadıkları için Tamhane'ni T2 testi uygulanmıştır. Yanmış sahalarda incelenen toprakların biyokütle C içeriğinin ortalamaları , % 5 önem düzeyinde yapılan analiz sonucuna göre; sadece Aralık'13 ile Nisan'15 dönemlerinde anlamlı farklılık bulunmamıştır. Diğer dönemler

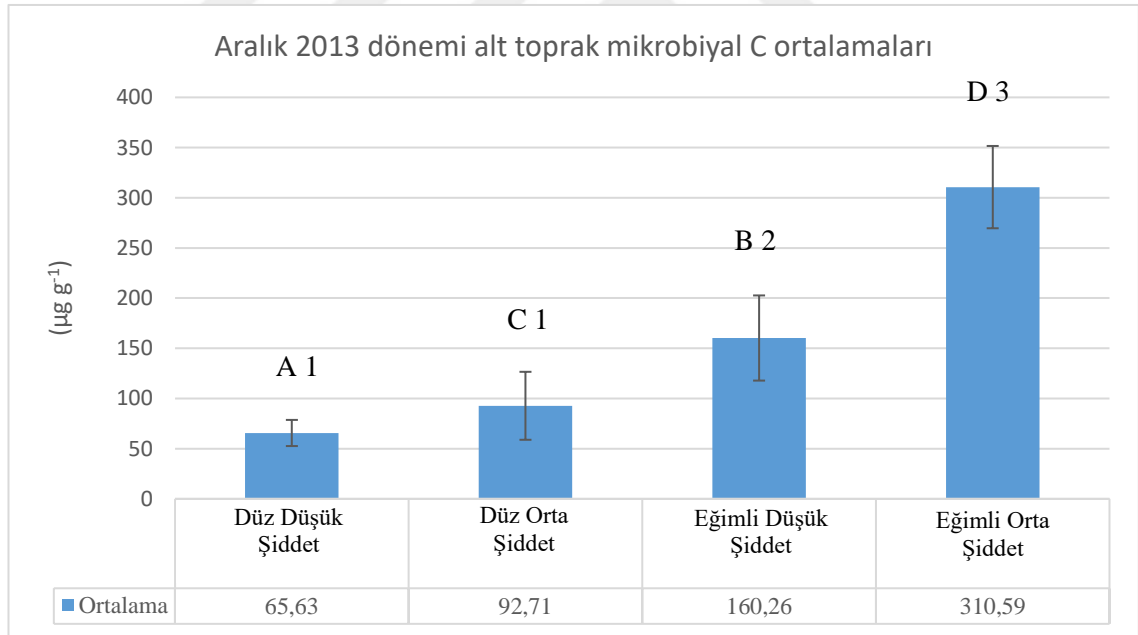
anlamli farkli bulunmuştur. Dönemler içerisinde yangin ve kontrol sahaları arasında mikrobiyal biyokütle C ortalamalarında anlamli farklılık olup olmadığını anlamak için Paired Sample T-Test uygulanmıştır. Yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 7) sadece Ekim'15 de yangin ve kontrol sahaları arasında anlamli farklılık bulunmuştur.



Şekil 7. Alt toprak örneklerine ait mikrobiyal biyokütle C'nin dönemlere göre ve kontrol sahalarına göre değişimi. Büyük harfler dönemler ortalamalarının farklı olup olmadığını, küçük harfler dönem içi ortalamaların anlamli farklı olup olmadığını göstermekte.

Farklı eğim gruplarının mikrobiyal biyokütle C ortalamalarını kıyaslamak için yangin şiddeti ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı yangin şiddetine sahip sahaların mikrobiyal biyokütle C ortalamaları karşılaştırılmıştır. Aralık 2013 dönemi için %5 önem düzeyinde Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 8); düz-düşük şiddet ($65,63 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli-düşük şiddet ($160,26 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlılık düzeyi (0,008) çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den küçük çıktığı için ortalamalar arasında anlamli farklılık olduğu bulunmuştur. Düz-orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ($92,71 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ($310,59 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması arasında Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; anlamlılık düzeyi (0,008) çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den küçük çıktığı için ortalamalar arasında anlamli farklılık olduğu bulunmuştur.

Yangın şiddetine göre grupların mikrobiyal biyokütle C ortalamalarını kıyaslamak için eğim ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı eğime sahip sahaların mikrobiyal biyokütle C ortalamaları karşılaştırılmıştır. Örnek sayısı az olduğu için parametrik test uygulanamamıştır. Bu yüzden Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test uygulanmıştır. Aralık 2013 dönemi için Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 8); düz düşük şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması (65,63 $\mu\text{g g}^{-1}$) ile düz orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması (92,71 $\mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan testte anlamlılık derecesi 0,086 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık yoktur. Eğimli düşük şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması (160,26 $\mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması (310,59 $\mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan istatistik teste göre; anlamlılık derecesi 0,015 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den küçük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık vardır.

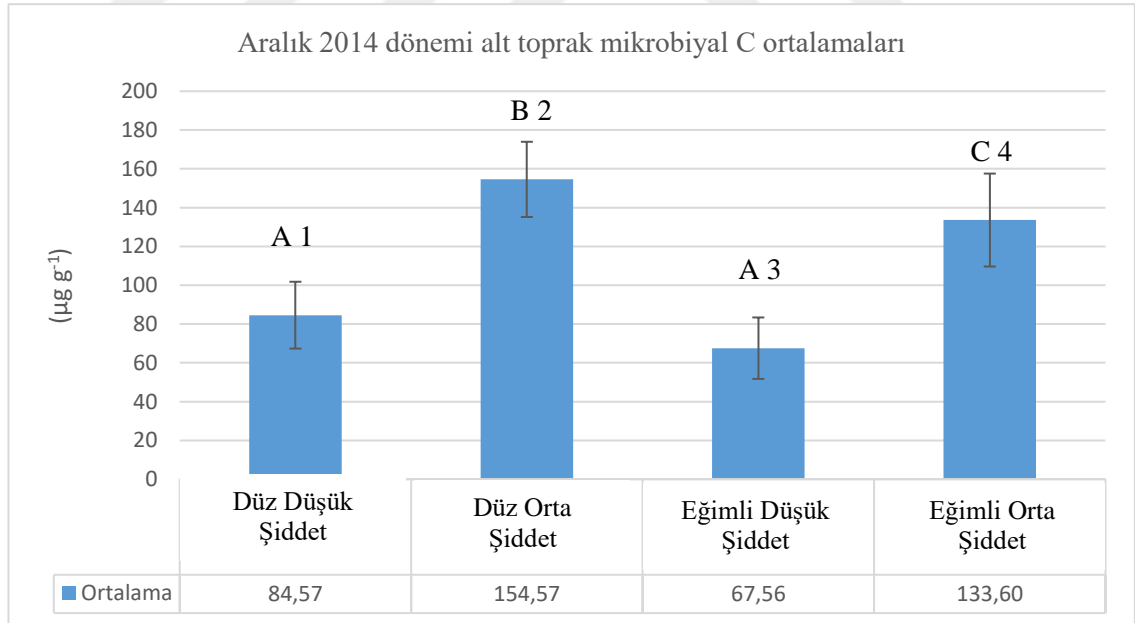


Şekil 8. Aralık 2013 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi. Harfler eğim açısından farklılığı, rakamlar yangın şiddeti açısından farklılığı göstermektedir.

Aralık 2014 dönemi için farklı eğim gruplarının mikrobiyal biyokütle C ortalamalarını karşılaştırmak için düz düşük şiddet ile eğimli düşük şiddet ve düz orta şiddet ile eğimli orta şiddet ortalamaları kıyaslanmıştır. Böylelikle, şiddet faktörü sabit tutularak eğimin etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla yapılan istatistik testinde

parametrik test şartları -örnek sayısının azlığından dolayı- sağlanmadığı için non parametrik test uygulanmıştır. Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 9); düz düşük şiddet mikrobiyal C ortalaması ($84,57 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli düşük şiddet mikrobiyal C ortalaması ($67,56 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,110). Düz orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($154,57 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($133,60 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında, % 5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008).

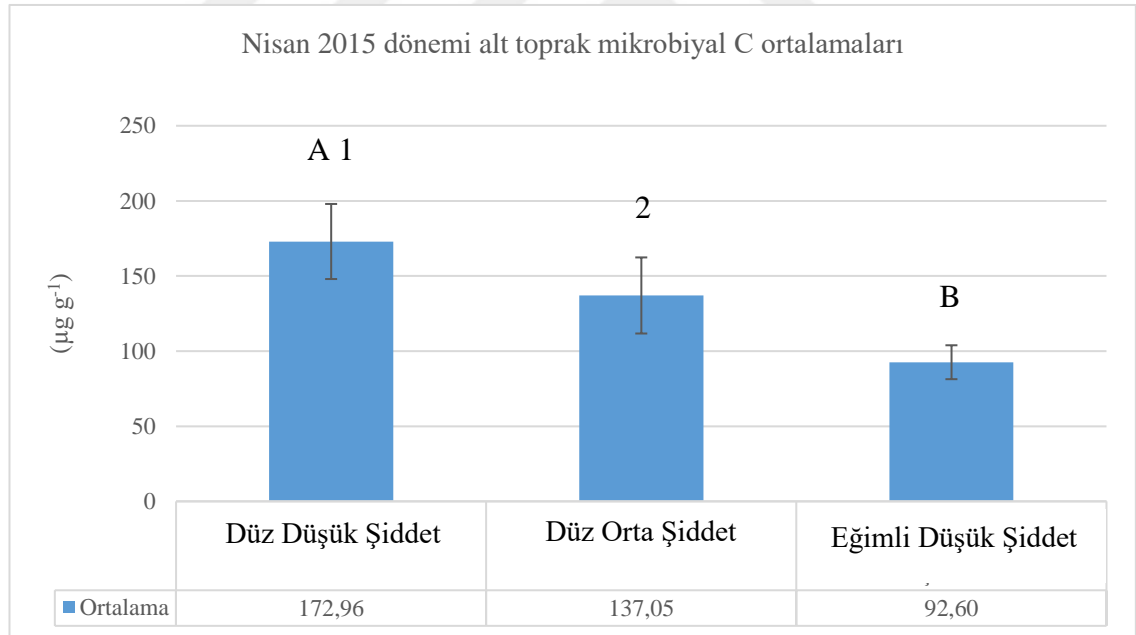
Aynı dönem için farklı yangın şiddetinin mikrobiyal biyokütle C ortalamasına etkisini test etmek için aynı eğim grubundaki sahaların ortalamaları kıyaslanmıştır (Şekil 9). Düz düşük şiddet mikrobiyal C ortalaması ($84,57 \mu\text{g g}^{-1}$) ile düz orta şiddet mikrobiyal C ortalaması ($154,57 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008). Eğimli düşük şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($67,56 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($133,60 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008).



Şekil 9. Aralık 2014 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi. Harfler eğim açısından farklılığı, rakamlar yangın şiddeti açısından farklılığı göstermektedir.

Nisan 2015 dönemi için yapılan arazi çalışmasında orta şiddet yangın uygulanan eğimli sahadan örnek alınamamıştır. Sebebi ise yoğun kar yağışı olduğundan sahaya giden yolun kapalı olmasıdır. Bu dönem için diğer sahalardan örnekler alınmıştır.

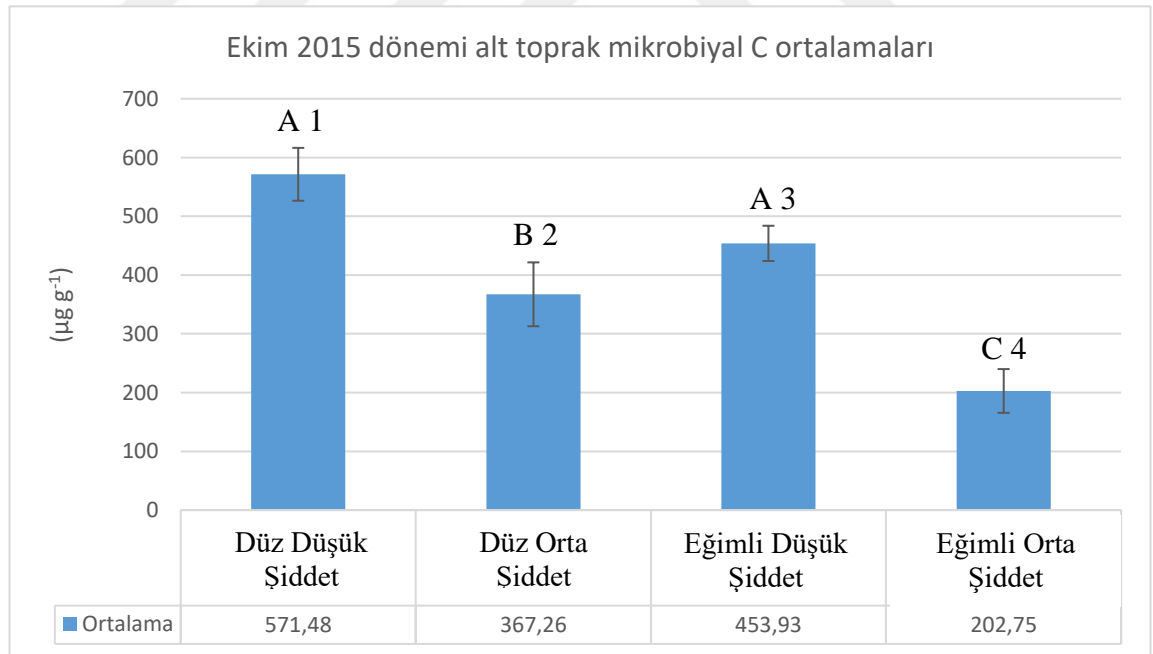
Mikrobiyal biyokütle C üzerine farklı eğim gruplarının etkisini ortaya koymak için yanma şiddeti aynı olan fakat farklı eğimlerdeki sahalarda mikrobiyal biyokütle C ortalamaları istatistik teste tabi tutulmuştur. Örnek sayısının azlığından dolayı parametrik test şartları sağlanmadığından non parametrik test uygulanmıştır. Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 10); düz düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması (172,96 $\mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması (92,6 $\mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008). Yangın şiddetinin mikrobiyal biyokütle C üzerine etkisini ortaya koymak için aynı eğim grubunda olan farklı yanma şiddeti uygulanmış sahalarda istatistik teste tabi tutulmuştur. Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; düşük şiddet yangın uygulanmış düz alanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması (172,96 $\mu\text{g g}^{-1}$) ile orta şiddet yangın uygulanmış düz alanın Cmic ortalaması (137,05 $\mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,028).



Şekil 10. Nisan 2015 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi. Harfler eğim açısından farklılığı, rakamlar yangın şiddeti açısından farklılığı göstermektedir.

Ekim 2015 döneminde mikrobiyal biyokütle C ortalamasının eğime göre olan değişimini ortaya koymak için aynı yangın şiddetinde farklı eğime sahip sahalardan alınan örneklerin mikrobiyal biyokütle C ortalamaları istatistik teste tabi tutulmuştur. Örnek sayısının 30'dan az olmasından dolayı parametrik test şartları

sağlanmadığından paired sample t testin non parametrik karşılığı olan wilcoxon signed ranks test uygulanmıştır (Şekil 11). Düz düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($571,48 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($453,93 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,173). Orta şiddetli yangın uygulanmış düz sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($367,26 \mu\text{g g}^{-1}$) ile aynı yangın şiddeti uygulanmış eğimli sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($202,75 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008). Aynı dönemde, yangın şiddetinin mikrobiyal biyokütle C ortalamasına etkisini ortaya koymak için aynı eğim grubundaki ortalamalar kıyaslanmıştır (Şekil 11). Düz alanda düşük şiddetli yangın uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($571,48 \mu\text{g g}^{-1}$) ile orta şiddetli yangın uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($367,26 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,038). Eğimli alanda düşük şiddet uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle C ($453,93 \mu\text{g g}^{-1}$) ile orta yangın şiddeti uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle C ortalaması ($202,75 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,011).



Şekil 11. Ekim 2015 dönemi mikrobiyal C ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi. Harfler eğim açısından farklılığı, rakamlar yangın şiddeti açısından farklılığı göstermektedir.

4.2 Toprak Örneklerinin Mikrobiyal Azot (N_{mic}) İçeriği

4.2.1 Üst Toprakta Mikrobiyal Azot (N_{mic}) İçeriği

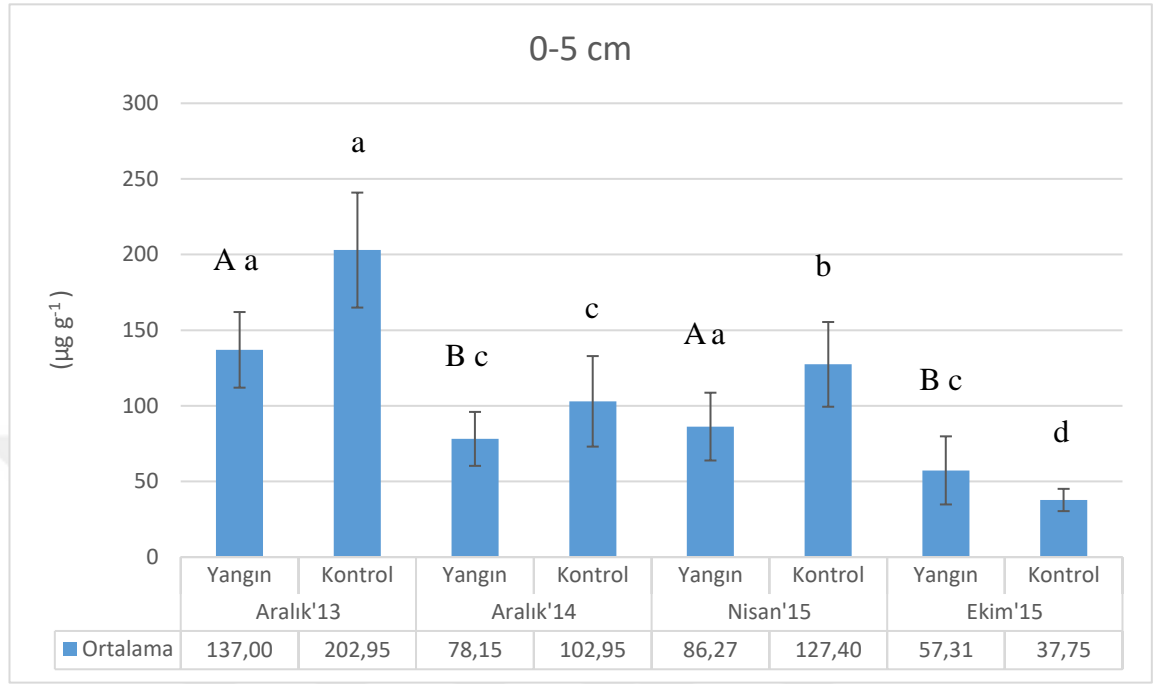
Araştırma alanlarından farklı zamanlarda alınan toprak örneklerinin en düşük mikrobiyal biyokütle N içeriği Ekim 15 kontrol sahasında (31,41 µg g⁻¹) ve en yüksek mikrobiyal biyokütle N Aralık 13 kontrol sahasında (266,94 µg g⁻¹) tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin mikrobiyal biyokütle N'unun üst toprakta, eğim ve yangın şiddetine göre zamansal değişimi ve ortalama değerleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Mikrobiyal azotun üst toprakta eğim ve yangın şiddetine göre değişimi ve ortalama değerleri.

		0-5 cm (µg g ⁻¹)									
		Aralık '13		Aralık '14		Nisan '15		Ekim '15		Ortalama	
		Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol
Düz	Düşük Şiddet	58,73	157,16	76,23	107,9	60,48	93,76	58,23	31,41	63,42	97,56
	Orta Şiddet	79,04	167,23	75,2	86,05	94,89	103,32	33,96	34,62	70,77	97,81
Meyilli	Düşük Şiddet	205,96	266,94	85,57	91,9	103,43	185,14	47,07	39,04	110,51	145,76
	Orta Şiddet	204,29	220,47	85,75	131,8			88,89	45,94	126,31	132,74
Yanma Durumu ortalaması		137,01	202,95	80,69	104,41	86,27	127,41	57,04	37,75	92,75	118,46
Düz Eğim ortalaması		68,89	162,2	75,72	96,98	77,69	98,54	46,1	33,02	67,1	97,68
Yüksek Eğim ortalaması		205,13	243,71	85,66	111,85	103,43	185,14	67,98	42,49	118,41	139,25
Düşük Şiddet ortalaması		132,35	212,05	80,9	99,9	81,96	139,45	52,65	35,23	86,96	121,66
Orta Şiddet Ortalaması		141,67	193,85	80,48	108,93	94,89	103,32	61,43	40,28	98,54	115,27

Çalışma kapsamı içerisinde yer alan sahaların üst toprak mikrobiyal biyokütle N içeriklerinin dönemsel olarak farklılık gösterip göstermediklerini ortaya koyabilmek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Varyanslar homojen olmadıkları için Tamhane'ni T2 testi uygulanmıştır. Yanmış sahalarda incelenen toprakların biyokütle

N ortalamalarının % 5 önem düzeyinde yapılan analiz sonucuna göre; Aralık 2013-Nisan 2015, Aralık 2014-Ekim 2015 arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.



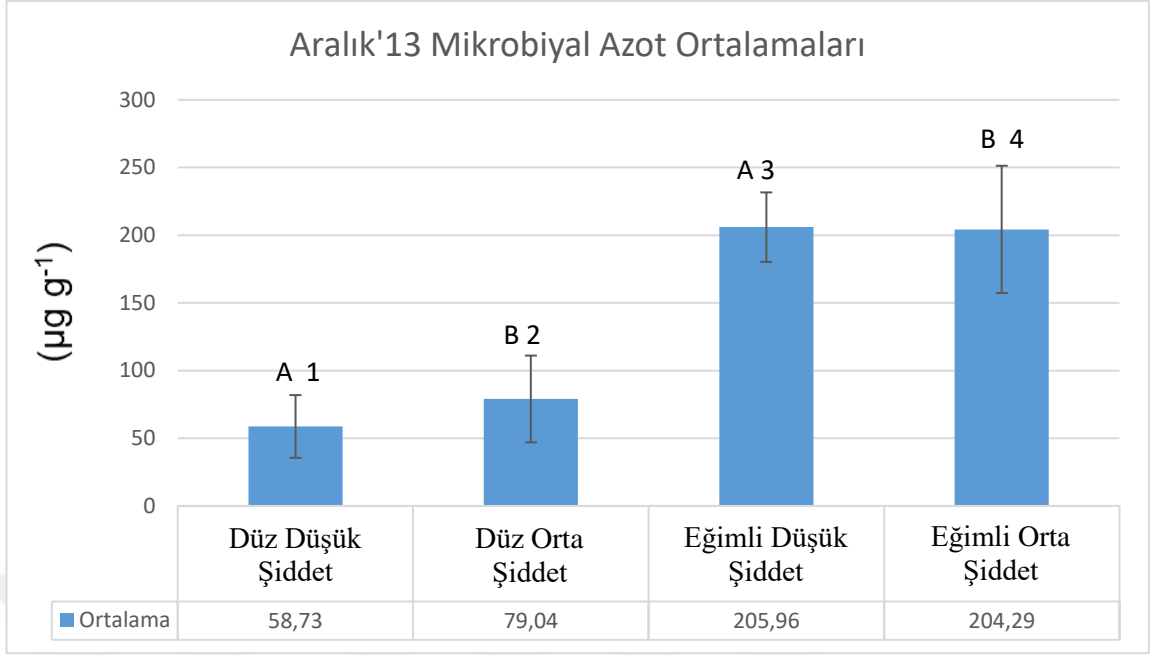
Şekil 12. Üst toprak örneklerine ait mikrobiyal biyokütle N'nin dönemlere göre ve kontrol sahalarna göre değişimi. Büyük harfler dönemler arası ortalamanın farklı olup olmadığını, küçük harfler dönem içi ortalamaların anlamlı farklı olup olmadığını göstermektedir.

Dönemler içerisinde yangın ve kontrol sahaları arasında mikrobiyal biyokütle N ortalamalarında anlamlı farklılık olup olmadığını anlamak için Paired Sample T-Test uygulanmıştır. %5 önem düzeyinde yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 12) Aralık 2013'de yangın ve kontrol sahalarna ait mikrobiyal biyokütle N ortalamalarında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Aralık 2014 dönemi için %5 önem düzeyinde Paired Sample T-Test sonucuna göre; yanmış ve kontrol sahalarna ait mikrobiyal biyokütle N ortalamalarında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Nisan 2015 döneminde yanmış ve kontrol sahalarna % 5 önem düzeyinde yapılan Paired Sample T-Test'e göre; mikrobiyal biyokütle N ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Aynı yöntemle Ekim 2015 dönemi için yapılan istatistik testine göre; yanmış ve kontrol sahaları mikrobiyal biyokütle N ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur.

Farklı eğitim gruplarının mikrobiyal biyokütle N ortalamalarını kıyaslamak için yangın şiddeti ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle

ki, aynı dönem ve aynı yangın şiddetine sahip sahaların mikrobiyal biyokütle N ortalamaları karşılaştırılmıştır (Şekil 13). Aralık 2013 dönemi için %5 önem düzeyinde Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; düz-düşük şiddet ($58,73 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli-düşük şiddet ($205,96 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlılık düzeyi 0,139 çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük çıktığı için ortalamalar arasında anlamlı farklılık yoktur. Düz orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ($79,04 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ($204,24 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması arasında Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; anlamlılık düzeyi 0,767 çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük çıktığı için ortalamalar arasında anlamlı farklılık yoktur.

Yangın şiddetine göre grupların mikrobiyal biyokütle N ortalamalarını kıyaslamak için eğim ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı eğime sahip sahaların mikrobiyal biyokütle N ortalamaları karşılaştırılmıştır (Şekil 13). Örnek sayısı az olduğu için parametrik test uygulanamamıştır. Bu yüzden Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test uygulanmıştır. Aralık 2013 dönemi için Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; düz düşük şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($58,73 \mu\text{g g}^{-1}$) ile düz orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($79,04 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan testte anlamlılık derecesi 0,008 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den küçük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık vardır. Eğimli düşük şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($205,96 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($204,24 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan istatistik teste göre; anlamlılık derecesi 0,008 bulunmuştur.

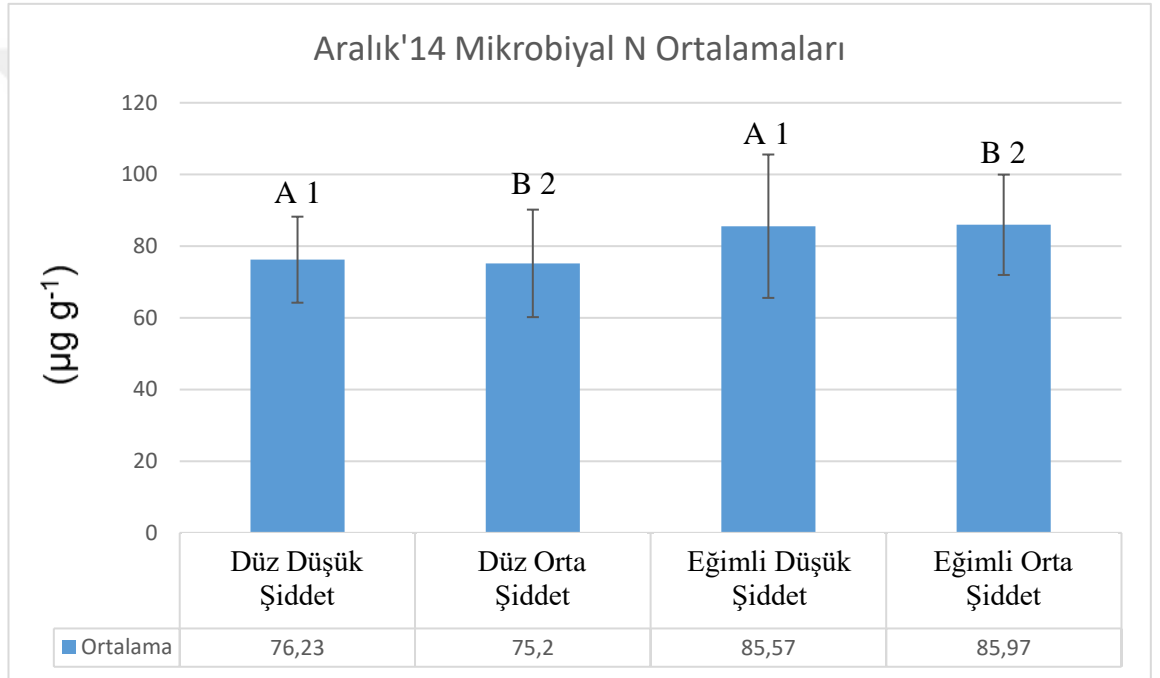


Şekil 13. Aralık'13 dönemi mikrobiyal N ortalamaları eğim ve yangın şiddetine göre değişimi. Harfler eğim açısından farklılığı, rakamlar yangın şiddeti açısından farklılığı göstermektedir.

Aralık'14'de üst toprak farklı eğim gruplarının mikrobiyal biyokütle N ortalamalarını kıyaslamak için yangın şiddeti ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı yangın şiddetine sahip sahaların mikrobiyal biyokütle N ortalamaları karşılaştırılmıştır. Aralık 2014 dönemi için %5 önem düzeyinde Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 14); düz-düşük şiddet ($76,23 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli-düşük şiddet ($85,57 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlılık düzeyi 0,441 çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük çıktığı için ortalamalar arasında anlamlı farklılık yoktur. Düz-orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ($75,20 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ($85,97 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması arasında Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; anlamlılık düzeyi 0,314 çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük çıktığı için ortalamalar arasında anlamlı farklılık yoktur.

Yangın şiddetine göre grupların mikrobiyal biyokütle N ortalamalarını kıyaslamak için eğim ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı eğime sahip sahaların mikrobiyal biyokütle N ortalamaları karşılaştırılmıştır. Örnek sayısı az olduğu için parametrik test uygulanamamıştır. Bu yüzden Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks

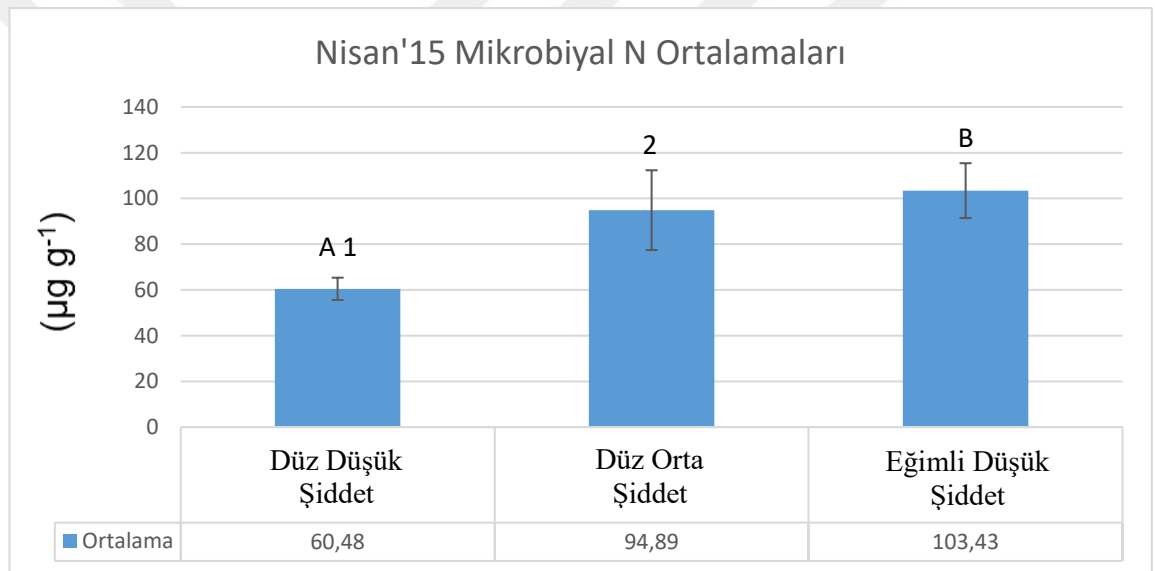
Test uygulanmıştır. Aralık 14 dönemi için Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 14); düz düşük şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($76,23 \mu\text{g g}^{-1}$) ile düz orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($75,20 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan testte anlamlılık derecesi 0,594 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık yoktur. Eğimli düşük şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($85,57 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($85,97 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan istatistik teste göre; anlamlılık derecesi 0,514 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık yoktur. Şekil. 13'de sahaların ortalama mikrobiyal N değerleri verilmiştir.



Şekil 14. Aralık 2014 mikrobiyal ortalama değerleri. Grafikte rakamlar yangın şiddeti ortalamaları arasında anlamlı farklılığı, harfler eğim grupları ortalamaları arasında anlamlı farklılığı göstermektedir.

Nisan 2015 dönemi için yapılan arazi çalışmasında, yoğun kar yağışı olduğundan sahaya giden yolun kapalı olması nedeniyle orta şiddet yangın uygulanan eğimli sahadan örnek alınamamıştır. Bu dönem için diğer sahalardan örnekler alınmıştır. Mikrobiyal biyokütle N üzerine farklı eğim gruplarının etkisini ortaya koymak için yanma şiddeti aynı olan fakat farklı eğimlerdeki sahaların mikrobiyal biyokütle N ortalamaları istatistik teste tabi tutulmuştur. Örnek sayısının azlığından dolayı parametrik test şartları sağlanmadığından non parametrik test uygulanmıştır. Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna

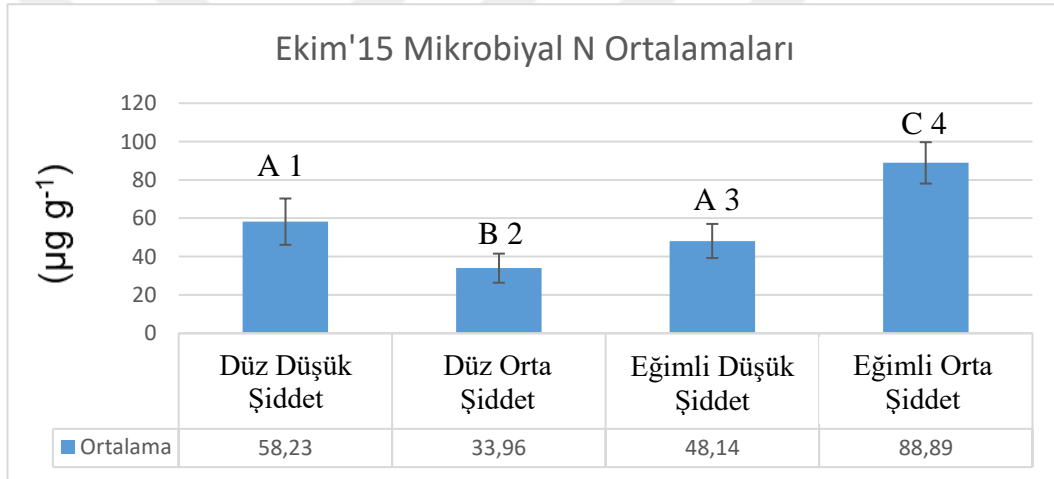
göre (Şekil 15); düz düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($60,48 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($103,43 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008). Yangın şiddetinin mikrobiyal biyokütle N üzerine etkisini ortaya koymak için aynı eğim grubunda olan farklı yanma şiddeti uygulanmış sahalara istatistik teste tabi tutulmuştur. Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; düşük şiddet yangın uygulanmış düz alanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($60,48 \mu\text{g g}^{-1}$) ile orta şiddet yangın uygulanmış düz alanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($94,89 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,028).



Şekil 15. Nisan 2015 mikrobiyal ortalama değerleri. Grafikte rakamlar yangın şiddeti ortalamaları arasında anlamlı farklılığı, harfler eğim grupları ortalamaları arasında anlamlı farklılığı göstermektedir.

Ekim 2015 döneminde mikrobiyal biyokütle N ortalamasının eğime göre olan değişimini ortaya koymak için aynı yangın şiddetinde farklı eğime sahip sahalardan alınan örneklerin mikrobiyal biyokütle N ortalamaları istatistik teste tabi tutulmuştur. Örnek sayısının 30'dan az olmasından dolayı parametrik test şartları sağlanmadığından paired sample t testinin non parametrik karşılığı olan wilcoxon signed ranks testi uygulanmıştır (Şekil 16). Düz düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($58,23 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($48,14 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,110). Orta şiddetli yangın uygulanmış düz sahanın mikrobiyal biyokütle N

ortalaması ($33,96 \mu\text{g g}^{-1}$) ile aynı yangın şiddeti uygulanmış eğimli sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($88,89 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık var (anlamlılık derecesi 0,008). Aynı dönemde, yangın şiddetinin mikrobiyal biyokütle N ortalamasına etkisini ortaya koymak için aynı eğitim grubundaki ortalamalar kıyaslanmıştır (Şekil 16). Düz alanda düşük şiddetli yangın uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($58,23 \mu\text{g g}^{-1}$) ile orta şiddetli yangın uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($33,96 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008). Eğimli alanda düşük şiddet uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle N ($48,14 \mu\text{g g}^{-1}$) ile orta yangın şiddeti uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($88,89 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008).



Şekil 16. Ekim 2015 mikrobiyal ortalama değerleri. Grafikte rakamlar yangın şiddeti ortalamaları arasında anlamlı farklılığı, harfler eğitim grupları ortalamaları arasında anlamlı farklılığı göstermektedir.

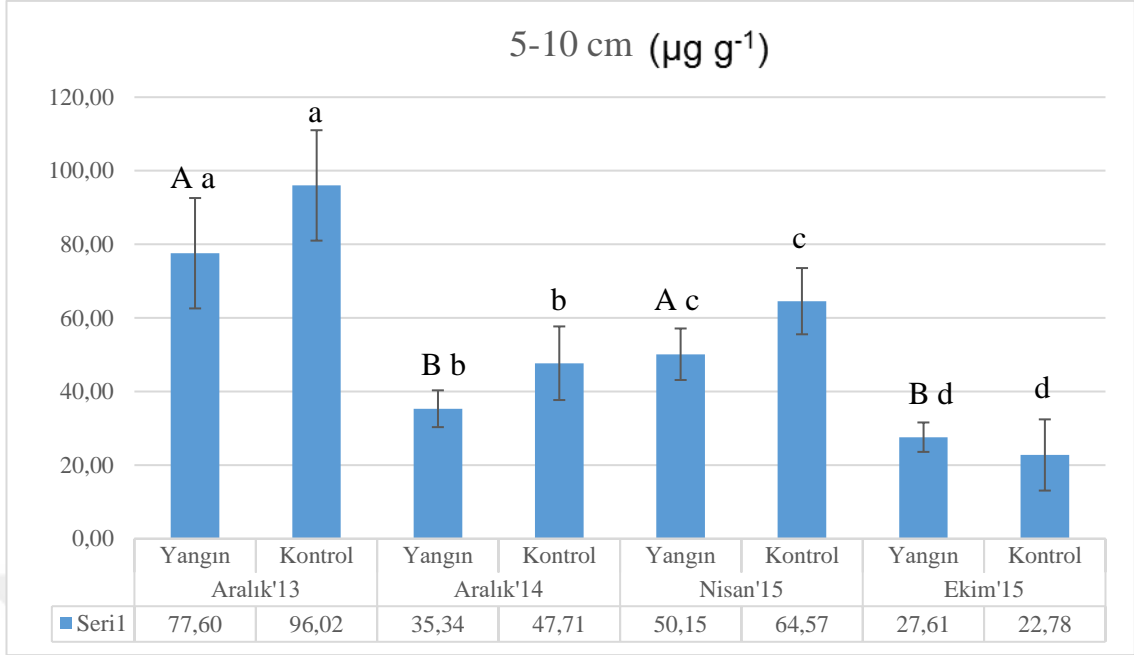
4.2.2 Alt Toprakta Mikrobiyal Azot (N_{mic}) İçeriği

Araştırma alanlarından farklı zamanlarda alınan toprak örneklerinin en düşük mikrobiyal biyokütle N içeriği Ekim 15 kontrol sahasında ($13,77 \mu\text{g g}^{-1}$) ve en yüksek mikrobiyal biyokütle N Aralık 13 kontrol sahasında ($170,94 \mu\text{g g}^{-1}$) tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin mikrobiyal biyokütle N'un üst toprakta, eğitim ve yangın şiddetine göre zamansal değişimi ve ortalama değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Mikrobiyal azotun alt toprakta eğim ve yangın şiddetine göre değişimi ve ortalama değerleri

		5-10 cm ($\mu\text{g g}^{-1}$)									
		Aralık '13		Aralık '14		Nisan '15		Ekim '15		Ortalama	
		Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol	Yangın	Kontrol
Düz	Düşük Şiddet	42,41	61,61	33,32	46,17	38,49	46,35	22,08	20,64	34,08	43,69
	Orta Şiddet	42,74	102,96	32,92	30,57	51,83	81,60	19,01	13,77	36,63	57,23
Meyilli	Düşük Şiddet	112,67	170,94	33,76	43,81	60,13	65,75	26,46	19,86	58,26	75,09
	Orta Şiddet	112,57	48,57	42,66	70,27			42,88	36,84	66,04	51,89
Yanma Durumu ortalaması		77,60	96,02	35,67	47,71	50,15	64,57	27,61	22,78	47,76	57,77
Düz Eğim ortalaması		42,58	82,29	33,12	38,37	45,16	63,98	20,55	17,21	35,35	50,46
Yüksek Eğim ortalaması		112,62	109,76	38,21	57,04	60,13	65,75	34,67	28,35	62,15	63,49
Düşük Şiddet ortalaması		77,54	116,28	33,54	44,99	49,31	56,05	24,27	20,25	46,17	59,39
Orta Şiddet Ortalaması		77,66	75,77	37,79	50,42	51,83	81,60	30,95	25,31	51,33	54,56

Çalışma kapsamı içerisinde yer alan sahaların alt toprak mikrobiyal biyokütle N içeriklerinin dönemsel olarak farklılık gösterip göstermediklerini ortaya koyabilmek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Varyanslar homojen olmadıkları için Tamhane'ni T2 testi uygulanmıştır. Yanmış sahalarda incelenen toprakların biyokütle N ortalamalarının % 5 önem düzeyinde yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 17); Aralık 2013-Nisan 2015, Aralık 2014-Ekim 2015 yangın ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.

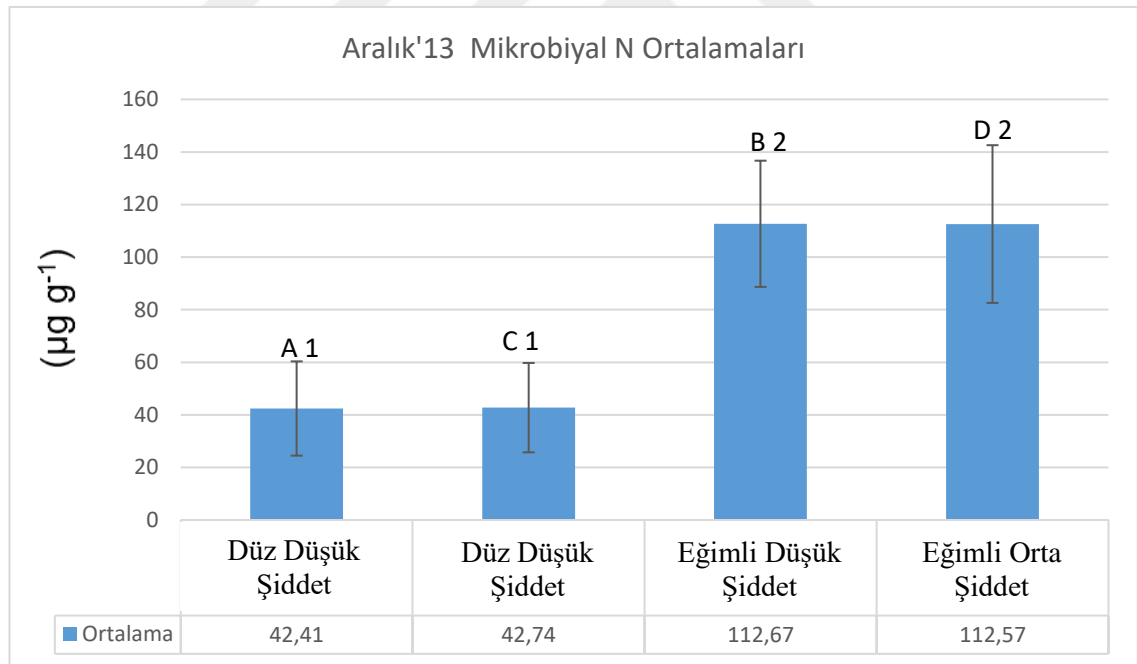


Şekil 17. Alt toprak örneklerine ait mikrobiyal biyokütle N'nin dönemlere göre ve kontrol sahalarna göre değişimi. Büyük harfler dönemler arası ortalamaların farklı olup olmadığını, küçük harfler dönem içi ortalamaların anlamlı farklı olup olmadığını göstermektedir.

Dönemler içerisinde yangın ve kontrol sahaları arasında mikrobiyal biyokütle N ortalamalarında anlamlı farklılık olup olmadığını anlamak için Paired Sample T-Test uygulanmıştır. %5 önem düzeyinde yapılan analiz sonucuna göre (Şekil 17.); tüm dönemlerde yangın ve kontrol ortalamaları arasında anlamlı fark yoktur.

Farklı eğim gruplarının mikrobiyal biyokütle N ortalamalarını kıyaslamak için yangın şiddeti ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı yangın şiddetine sahip sahaların mikrobiyal biyokütle N ortalamaları karşılaştırılmıştır (Şekil 18). Aralık 2013 dönemi için %5 önem düzeyinde Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; düz-düşük şiddet ($42,41 \mu\text{g g}^{-1}$) ile meyilli-düşük şiddet ($112,67 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlılık düzeyi 0,008 çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den küçük çıktığı için ortalamalar arasında anlamlı farklılık vardır. Düz-orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ($42,74 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ($112,57 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması arasında Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; anlamlılık düzeyi 0,008 çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den küçük çıktığı için ortalamalar arasında anlamlı farklılık vardır.

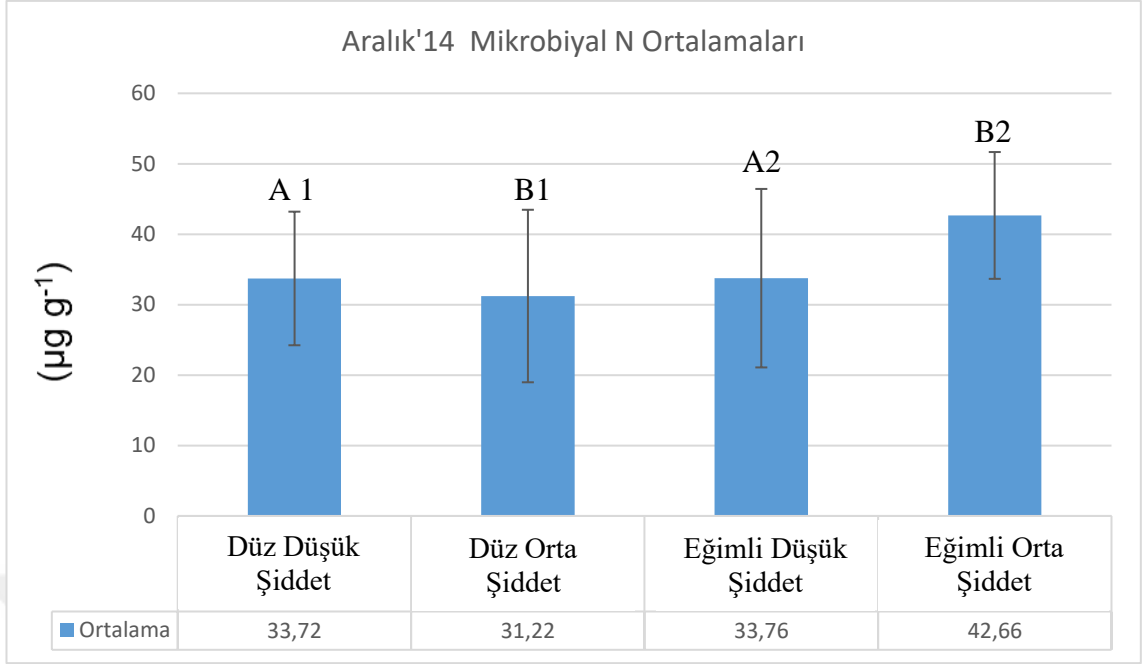
Yangın şiddetine göre grupların mikrobiyal biyokütle N ortalamalarını kıyaslamak için eğim ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı eğime sahip sahaların mikrobiyal biyokütle N ortalamaları karşılaştırılmıştır. Örnek sayısı az olduğu için parametrik test uygulanamamıştır. Bu yüzden Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test uygulanmıştır (Şekil 18). Aralık 2013 dönemi için Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; düz düşük şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($42,41 \mu\text{g g}^{-1}$) ile düz orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($42,74 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan testte anlamlılık derecesi 0,953 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık yoktur. Eğimli düşük şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($112,67 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($112,57 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan istatistik teste göre; anlamlılık derecesi 0,515 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık vardır.



Şekil 18. Aralık 2013 mikrobiyal ortalama değerleri. Grafikte rakamlar yangın şiddeti ortalamaları arasında anlamlı farklılığı, harfler eğim grupları ortalamaları arasında anlamlı farklılığı göstermektedir.

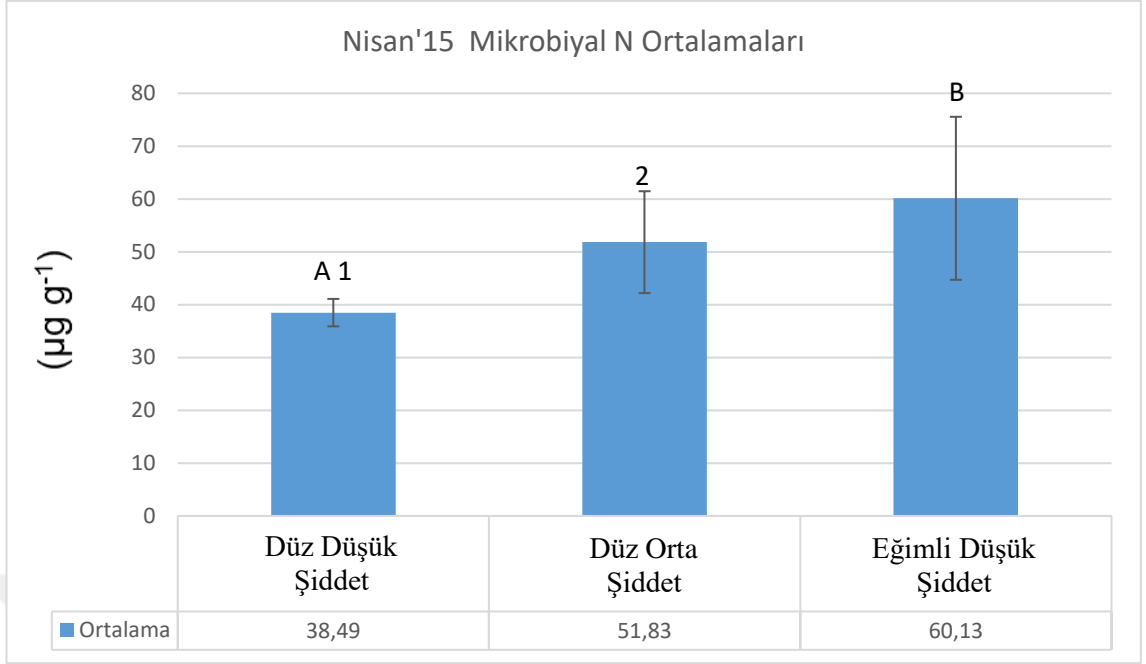
Aralık 2014'de üst toprak farklı eğim gruplarının mikrobiyal biyokütle N ortalamalarını kıyaslamak için yangın şiddeti ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı yangın şiddetine sahip sahaların mikrobiyal biyokütle N ortalamaları karşılaştırılmıştır. Aralık 2014 dönemi için %5 önem düzeyinde Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 19); düz-düşük şiddet ($33,72 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli-düşük şiddet ($33,76 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlılık düzeyi 0,594 çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük çıktığı için ortalamalar arasında anlamlı farklılık yoktur. Düz-orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ($31,22 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ($42,66 \mu\text{g g}^{-1}$) ortalaması arasında Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre; anlamlılık düzeyi 0,214 çıkmıştır. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük çıktığı için ortalamalar arasında anlamlı farklılık yoktur.

Yangın şiddetine göre grupların mikrobiyal biyokütle N ortalamalarını kıyaslamak için eğim ve dönem faktörleri sabit tutularak istatistik test uygulanmıştır. Şöyle ki, aynı dönem ve aynı eğime sahip sahaların mikrobiyal biyokütle N ortalamaları karşılaştırılmıştır. Örnek sayısı az olduğu için parametrik test uygulanamamıştır. Bu yüzden Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test uygulanmıştır. Aralık 14 dönemi için Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 19); düz düşük şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($33,72 \mu\text{g g}^{-1}$) ile düz orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($31,22 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan testte anlamlılık derecesi 0,314 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık yoktur. Eğimli düşük şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($33,76 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli orta şiddet mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($42,66 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında yapılan istatistik teste göre; anlamlılık derecesi 0,374 bulunmuştur. Anlamlılık düzeyi 0,05'den büyük olduğu için bu iki ortalama arasında farklılık yoktur.



Şekil 19. Aralık 2014 mikrobiyal ortalama değerleri. Grafikte rakamlar yangın şiddeti ortalamaları arasında anlamlı farklılığı, harfler eğim grupları ortalamaları arasında anlamlı farklılığı göstermektedir.

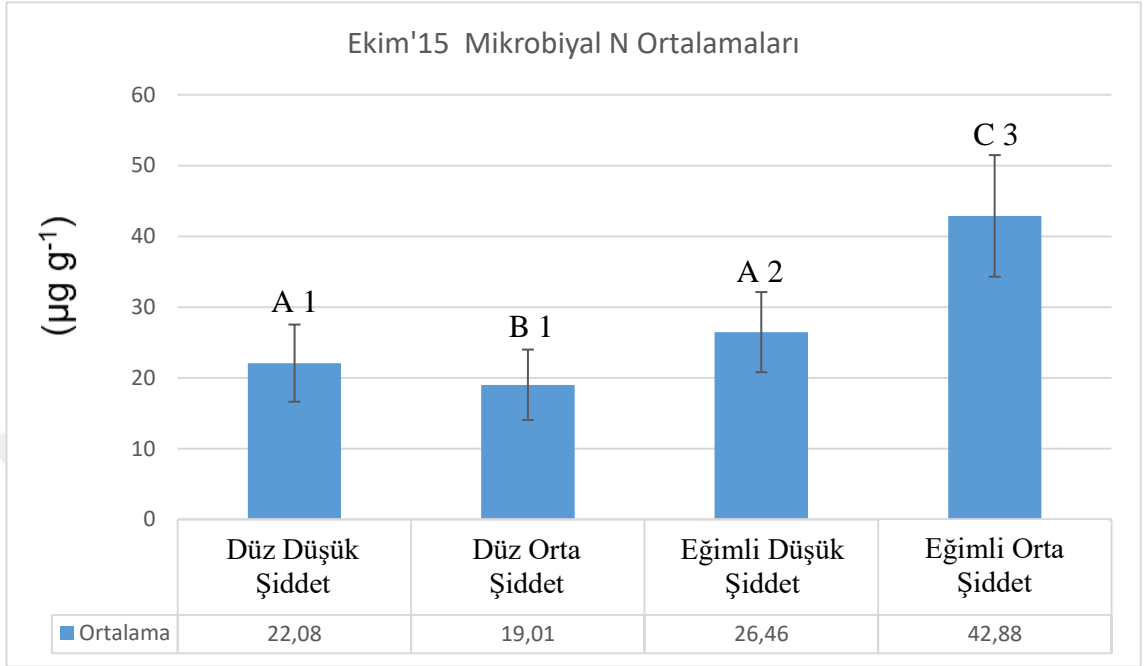
Mikrobiyal biyokütle N üzerine farklı eğim gruplarının etkisini ortaya koymak için yanma şiddeti aynı olan fakat farklı eğimlerdeki sahaların mikrobiyal biyokütle N ortalamaları istatistik teste tabi tutulmuştur. Örnek sayısının azlığından dolayı parametrik test şartları sağlanmadığından non parametrik test uygulanmıştır. Paired Sample T-Test'in Non-Parametric karşılığı Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 20); düz düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması (38,49 $\mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması (51,83 $\mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık vardır (anlamlılık derecesi 0,008). Yangın şiddetinin mikrobiyal biyokütle N üzerine etkisini ortaya koymak için aynı eğim grubunda olan farklı yanma şiddeti uygulanmış sahalar istatistik teste tabi tutulmuştur. Wilcoxon Signed Ranks Test sonucuna göre (Şekil 20); düşük şiddet yangın uygulanmış düz alanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması (38,49 $\mu\text{g g}^{-1}$) ile orta şiddet yangın uygulanmış düz alanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması (60,13 $\mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,011).



Şekil 20. Nisan'15 mikrobiyal ortalama değerleri. Grafikte rakamlar yangın şiddeti ortalamaları arasında anlamlı farklılığı, harfler eğim grupları ortalamaları arasında anlamlı farklılığı göstermektedir.

Ekim 2015 döneminde mikrobiyal biyokütle N ortalamasının eğime göre olan değişimini ortaya koymak için aynı yangın şiddetinde farklı eğime sahip sahalardan alınan örneklerin mikrobiyal biyokütle N ortalamaları istatistik teste tabi tutulmuştur. Örnek sayısının 30'dan az olmasından dolayı parametrik test şartları sağlanmadığından paired sample t testin non parametrik karşılığı olan wilcoxon signed ranks test uygulanmıştır (Şekil 21). Düz düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($22,08 \mu\text{g g}^{-1}$) ile eğimli düşük şiddetli sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($26,46 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,139). Orta şiddetli yangın uygulanmış düz sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($19,01 \mu\text{g g}^{-1}$) ile aynı yangın şiddeti uygulanmış eğimli sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($42,88 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında %5 önem düzeyine göre anlamlı farklılık var (anlamlılık derecesi 0,008). Aynı dönemde, yangın şiddetinin mikrobiyal biyokütle N ortalamasına etkisini ortaya koymak için aynı eğim grubundaki ortalamalar kıyaslanmıştır (Şekil 21). Düz alanda düşük şiddetli yangın uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($22,08 \mu\text{g g}^{-1}$) ile orta şiddetli yangın uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($19,01 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık yoktur (anlamlılık derecesi 0,260). Eğimli alanda düşük şiddet uygulanmış sahanın mikrobiyal biyokütle N ($26,46 \mu\text{g g}^{-1}$) ile orta yangın şiddeti uygulanmış sahanın

mikrobiyal biyokütle N ortalaması ($42,88 \mu\text{g g}^{-1}$) arasında anlamlı farklılık vardır (anamlılık derecesi 0,008).



Şekil 21. Ekim'15 mikrobiyal ortalama değerleri. Grafikte rakamlar yangın şiddeti ortalamaları arasında anlamlı farklılığı, harfler eğim grupları ortalamaları arasında anlamlı farklılığı göstermektedir.

4.3 Toprak Özellikleri

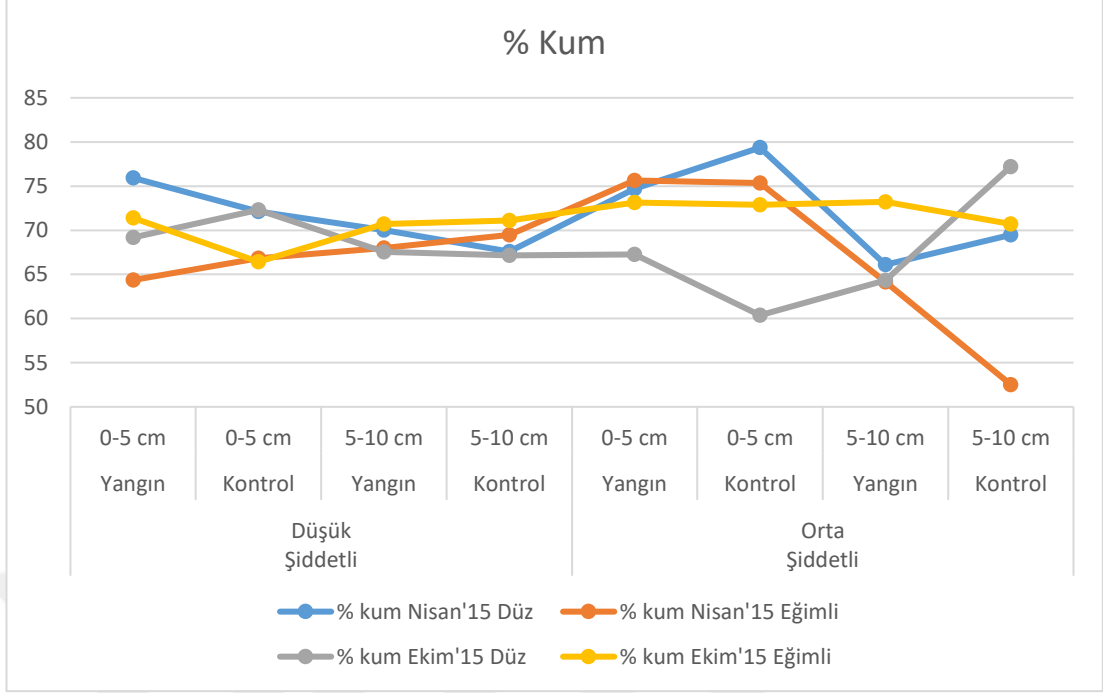
4.3.1 Zamana Göre Toprak Özellikleri Değişimi

Aralık'13 ve Aralık'14 dönemlerinde toprak özellikleri başka bir yüksek lisans tezinde kullanıldığı için (Gözler, 2016) bu tezin bulgular kısmında Nisan'15 ve Ekim'15 toprak özellikleri verilmiştir.

Zamana göre kum miktarı yüzdeleri değerlendirildiğinde: üst toprakta (0-5 cm) ve düşük şiddetli yangın görmüş sahada düz alanda azalmışken eğimli alanda artmıştır toplamda kum miktarı değişmemiştir. Alt toprakta (5-10 cm) ve düşük şiddetli yangın görmüş sahada: düz alanda kum miktarı azalmışken aynı oranda eğimli sahada kum miktarı artmıştır. Orta şiddetli yangına maruz kalmış sahalarda, Nisan 2015'den Ekim 2015'e kadar zamansal değerlendirme yapıldığında: Yangın görmüş düz ve eğimli alanda kum miktarı azalmıştır. Alt toprakta eğimli alanda kayda değer bir artış görülmüştür (Tablo 7 ve Şekil 22). Yapılan istatistik testte zamana göre ortalamalar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Tablo 7. Kum miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.

% kum						
Yangın Şiddeti	Yanma Durumu	Derinlik	Nisan'15		Ekim'15	
			Düz	Eğimli	Düz	Eğimli
Düşük Şiddetli	Yangın	0-5 cm	75,94	64,35	69,19	71,4
	Kontrol	0-5 cm	72,13	66,84	72,3	66,43
	Yangın	5-10 cm	70,03	67,97	67,55	70,7
	Kontrol	5-10 cm	67,58	69,48	67,17	71,11
Orta Şiddetli	Yangın	0-5 cm	74,68	75,64	67,28	73,13
	Kontrol	0-5 cm	79,36	75,36	60,37	72,89
	Yangın	5-10 cm	66,1	64,16	64,33	73,22
	Kontrol	5-10 cm	69,48	52,52	77,21	70,69

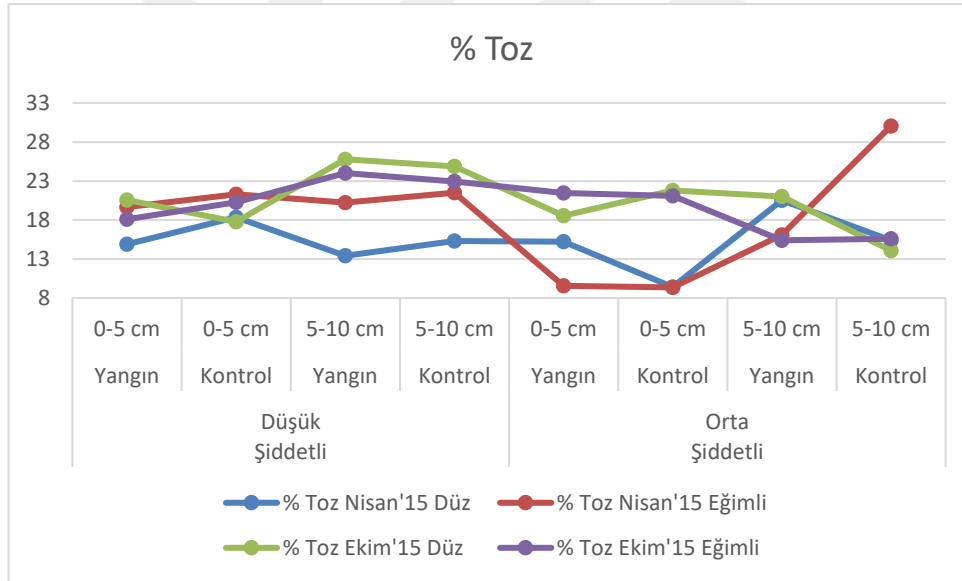


Şekil 22. Kum miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.

Toz miktarı yüzdeleri zamana göre değerlendirildiğinde: Nisan 2015'den Ekim 2015'e kadar; Düşük şiddetli yangına maruz kalmış üst toprakta; düz alanda artış eğimli alanda azalış görülmüştür. Alt toprakta düz ve eğimli alanda artış görülmüştür. Orta şiddetli yangın uygulanmış düz sahada üst toprakta düz ve eğimli alanda toz miktarı artmıştır. Alt toprakta azalmıştır (Tablo 8 ve Şekil 23). Yapılan istatistik teste orta şiddet uygulanmış düz ve eğimli saha ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur.

Tablo 8. Toz miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi

% Toz						
Yangın Şiddeti	Yanma Durumu	Derinlik	Nisan'15		Ekim'15	
			Düz	Eğimli	Düz	Eğimli
Düşük Şiddetli	Yangın	0-5 cm	14,91	19,67	20,55	18,09
	Kontrol	0-5 cm	18,35	21,28	17,75	20,27
	Yangın	5-10 cm	13,41	20,23	25,79	24,02
	Kontrol	5-10 cm	15,32	21,49	24,88	22,95
Orta Şiddetli	Yangın	0-5 cm	15,24	9,54	18,55	21,46
	Kontrol	0-5 cm	9,41	9,36	21,8	21,11
	Yangın	5-10 cm	20,53	16,09	21,01	15,4
	Kontrol	5-10 cm	15,38	30,06	14,08	15,61



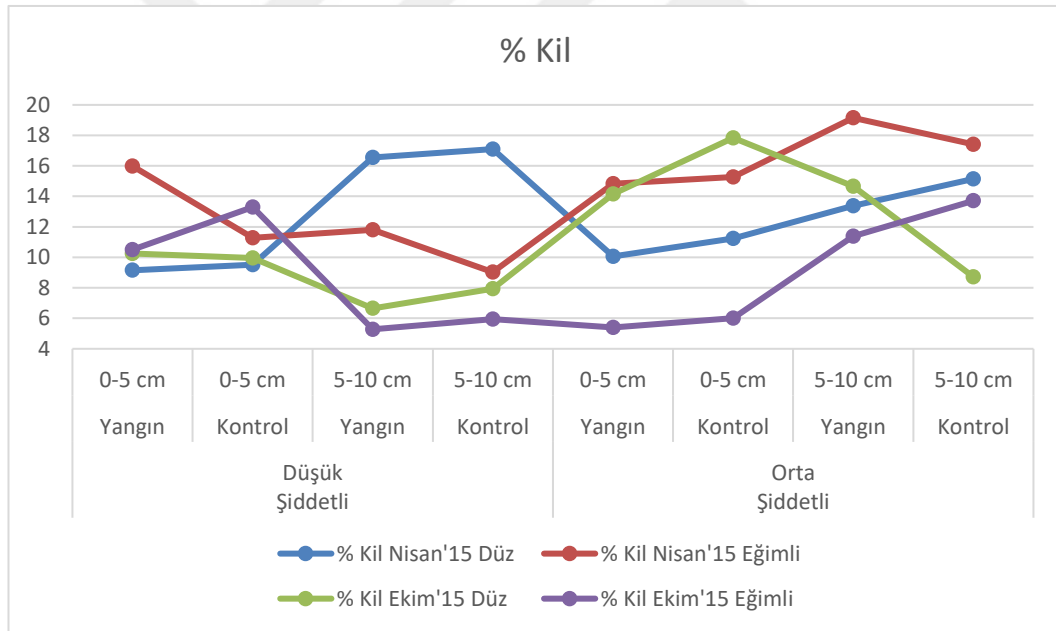
Şekil 23. Toz miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.

Kil oranları zamana göre değerlendirildiğinde, düşük şiddet uygulanmış üst toprakta; düz alanda Nisan 2015'den Ekim 2015'e artış görülmüşken eğimli sahada azalış görülmüştür. Orta şiddet uygulanmış üst toprakta düz alan için artış görülmüşken eğimli sahada azalış görülmüştür. Eğimli sahadaki azalış istatistiksel olarak anlamlıdır. 5-10 cm derinlik kademesinde düşük şiddet uygulanmış düz ve eğimli alanda azalma görülmüştür. Bu azalma istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Orta şiddet uygulanmış

düz alanda artış varken eğimli alanda azalma vardır. Bu azalma istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 9 ve Şekil 24).

Tablo 9. Kil miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.

% Kil						
Yangın Şiddeti	Yanma Durumu	Derinlik	Nisan'15		Ekim'15	
			Düz	Eğimli	Düz	Eğimli
Düşük Şiddetli	Yangın	0-5 cm	9,15	15,98	10,25	10,51
	Kontrol	0-5 cm	9,52	11,27	9,95	13,3
	Yangın	5-10 cm	16,55	11,8	6,65	5,28
	Kontrol	5-10 cm	17,1	9,03	7,94	5,94
Orta Şiddetli	Yangın	0-5 cm	10,07	14,82	14,16	5,4
	Kontrol	0-5 cm	11,23	15,28	17,84	6
	Yangın	5-10 cm	13,37	19,15	14,66	11,38
	Kontrol	5-10 cm	15,14	17,42	8,71	13,71



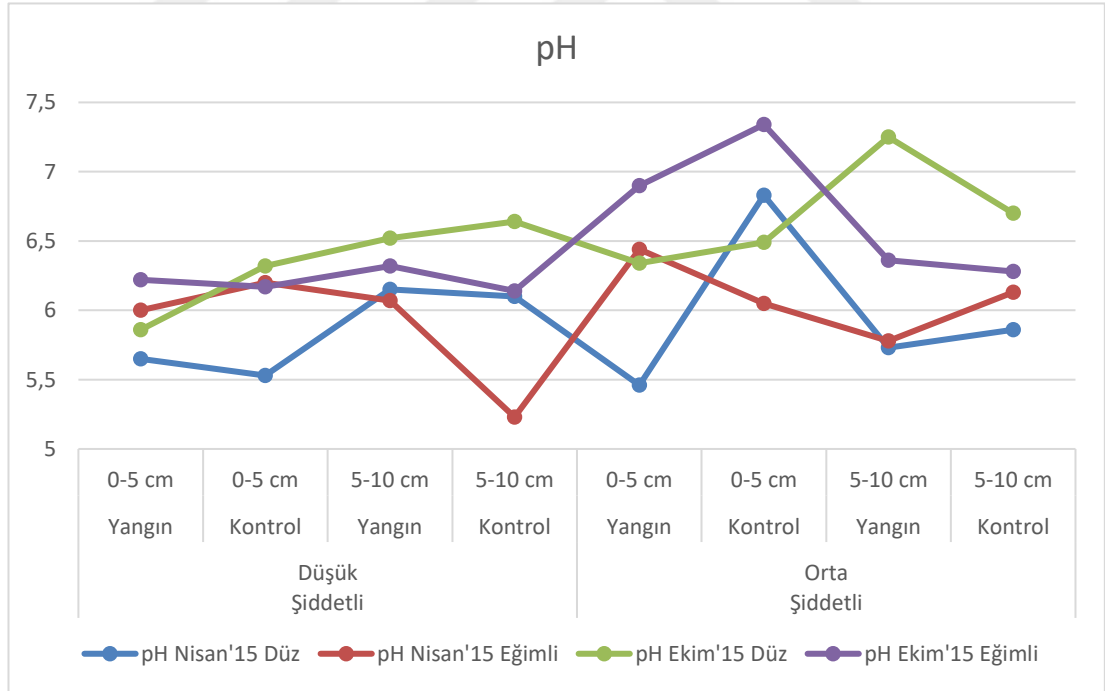
Şekil 24. Kil miktarının zamana ve yangın şiddetine göre değişimi.

2015 Nisan'dan 2015 Ekim'e toprakta pH zamansal değerlendirildiğinde düşük şiddet yangın görmüş düz ve eğimli üst toprakta (0-5 cm) istatistiksel olarak (paired sample t-test) anlamlı fark bulunmamıştır. Orta şiddet yangın görmüş sahada (üst toprak) alanda anlamlı farklılık bulunmuştur.

5-10 cm derinlik kademesinde zamansal olarak pH değerlendirildiğinde orta şiddet yangın görmüş düz ve eğimli sahalarda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. (Tablo 10 ve Şekil 25)

Tablo 10. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında pH değerinin değişimi.

pH						
Yangın Şiddeti	Yanma Durumu	Derinlik	Nisan'15		Ekim'15	
			Düz	Eğimli	Düz	Eğimli
Düşük Şiddetli	Yangın	0-5 cm	5,65	6	5,86	6,22
	Kontrol	0-5 cm	5,53	6,2	6,32	6,17
	Yangın	5-10 cm	6,15	6,07	6,52	6,32
	Kontrol	5-10 cm	6,1	5,23	6,64	6,14
Orta Şiddetli	Yangın	0-5 cm	5,46	6,44	6,34	6,9
	Kontrol	0-5 cm	6,83	6,05	6,49	7,34
	Yangın	5-10 cm	5,73	5,78	7,25	6,36
	Kontrol	5-10 cm	5,86	6,13	6,7	6,28



Şekil 25. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında pH değerinin değişimi.

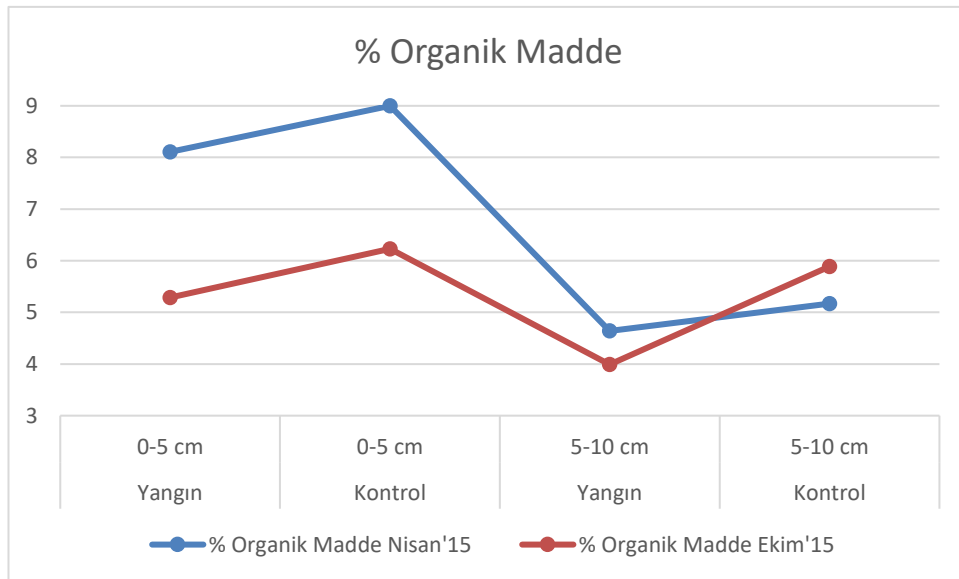
Organik madde miktarı zamansal olarak değerlendirildiğinde: düşük şiddet görmüş üst toprak için düz ve eğimli sahalarda anlamlı bir azalış yoktur. Aynı sahalarda yangın şiddetinin organik madde ortalamaları üzerinde anlamlı etkisi yoktur.

Orta şiddetli yangına maruz kalmış alanlar zamansal olarak değerlendirildiğinde üst toprakta düz alan için anlamlı azalış görülmüşken eğimli alan için artış görülmüştür fakat bu artış anlamlı değildir.

Alt toprakta (5-10 cm) organik madde zamansal olarak değerlendirildiğinde; düşük şiddetli düz alanda istatistiksel olarak anlamlı azalma varken eğimli alanda artış görülmüştür fakat bu artış anlamlı değildir. Orta şiddetli alanlarda düz ve eğimli alanlarda istatistiksel olarak anlamlı azalış bulunmuştur.

Tablo 11. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında organik madde değeri değişimi.

% Organik Madde			
Yanma Durumu	Derinlik	Nisan'15	Ekim'15
Yangın	0-5 cm	8,11	5,29
Kontrol	0-5 cm	9	6,23
Yangın	5-10 cm	4,64	3,99
Kontrol	5-10 cm	5,17	5,89



Şekil 26. Zamana göre yangın ve kontrol sahasında organik madde değerinin değişimi.

5 TARTIŞMA

Bu çalışmada, yangının toprak mikroorganizmaları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca eğimin ve yangın şiddetinin mikroorganizmalar üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Ülkemizde yangının toprak mikrobiyolojisi üzerindeki etkilerini ortaya koyan çok fazla araştırma yoktur. Söz konusu literatür eksikliğini gidermek mevcut çalışmanın ana amacıdır. Her canlının optimum koşullarda yaşayabileceği bir sıcaklık aralığı vardır. Toprağın yapısında bulunan ve toprağı biyosferi olarak tercih etmiş mikrobiyal organizmalar da ancak ve ancak, toprak kendilerine optimum koşulları sağladığı sürece hayatta kalabilir. Orman yangınları toprak zonlarına belirli seviyelerde etki ederek mikrobiyal faaliyeti olumsuz yönde etkiler. Toprağın tekstürü, strüktürü, nem muhtevası, organik madde miktarı, ana materyalin cinsi gibi edafik özellikler yangının toprak üzerindeki etki derecesini değiştirir. Örneğin kum toprakları düşük özgül ısıya sahip olduklarından çabuk ve fazla ısınarak yangınlardan kil topraklarına kıyasla daha fazla zarar görür. Bir mull toprağı geçirgenliğini yangından sonra da korur. Fakat diğer topraklarda bu olmaz. Humus bakımından zengin topraklar daha az zarar görür. Ve buna benzer birçok özellikler bu konuda etkili olur (Çepel, 1975). Yangın etkisiyle değişen kompozisyon, mikrobiyal yaşamıda çoğu zaman olumsuz etkilemektedir. Genellikle topraktaki mikrobiyal faaliyetlerin önemli bir göstergesi olan mikrobiyal karbon ve azot içeriği mevcut çalışmada, orman yangınının toprak mikrobiyal faaliyetlerine olan etkilerini belirlemek için analiz edilmiştir. Çalışmanın bu kısmında elde edilen bulgular mevcut literatür verileri ile karşılaştırmalı olarak tartışılacaktır.

Her canlıda olduğu gibi mikrobiyal canlılarda bünyelerinde karbon barındırmaktadır. Sayıca çok fazla birey içeren bir popülasyonun toplam birey sayısını çalışmak yerine bu popülasyonun toplam karbon yükünü çalışmak bilimsel açıdan daha kolay olmaktadır. Toprak mikrobiyolojisinde güvenli ve uygun olarak standardize edilmiş bir metodun yokluğundan dolayı, mikrobiyal biyokütle havuzu uzun zaman önemsenmemiş yani ihmal edilmiş ya da mikrobiyal sayıya dayanılarak mikrobiyal biyokütle tahmini yapılmıştır (Bolat, 2011). Günümüzde ise toprak içindeki mikrobiyal biyokütleyi tahmin etmek için çeşitli metodlar kullanılmaktadır. Bu metodlar, doğrudan (yani mikroskop ya da özel zarlı fosfolipid yağlı asitlerin belirlenmesi) ve dolaylı yoldan (yani chloroform fumigasyonu) ya da substrate-induce

solunumu olarak ikiye ayrılabilir (Nielsen ve Winding, 2002). Özellikle toprak mikroorganizmalarını içerdikleri karbon yönüyle analiz etmek daha doğru bir yöntemdir. Bu nedenle mevcut çalışmada üst toprak zonundaki (0-5 cm) mikrobiyal karbon miktarı ölçüldüğünde toprağın bu kısmındaki mikrobiyal faaliyetle ilgili oldukça faydalı bilgiler sağlar. Mevcut çalışmada Osmancık Orman İşletme Şefliği'nde 2013 yılında meydana gelen deneme yangını sahası istasyon olarak alınmıştır. Bu bölgede yapılan toprak üst kısım toprak mikrobiyal analiz sonuçlarına göre (Tablo 3, Şekil 2); Üst toprakta, yangından sonrasındaki bir yıllık dönemde (2013-2014) mikrobiyal karbon içeriği yönünden kontrol grubuna göre anlamlı bir azalış göstermiştir. Benzer şekilde birçok çalışmada mikrobiyal karbon (Grady ve Hart, 2006; Waldrop ve Harden, 2008; Rodríguez vd., 2009; Choromonska ve DeLuca, 2001) yangın etkisi ile azaldığı belirlenmiştir. Yangından sonraki ikinci yılda, toprak üst mikrobiyal faaliyetleri arttığını bulgulara bakarak söylemek mümkündür (Şekil 2, Tablo 3). Eldeki verilerden anlaşılacağı üzere ormanın kendisini yangından sonra ikinci yıldan itibaren onardığını söylenebilir. Mikrobiyal biyokütlenin kontrol değerlerine ulaşabilmesinde, yani geri kolonileşmesi için, metabolize olabilir bileşik olan çözünebilir karbon bileşikleri önemli rol oynamaktadırlar (Mataix-Solera vd., 2009). Yapılan çalışmalara bakıldığında mikrobiyal canlıların yangından sonra tekrar kolonileşmesi için belirli bir süre gereklidir. Fritze ve ark., (1993)'de bu süre 12 yıl bulunmuştur.

Mevcut çalışmada diğer parametrelere ek olarak toprak mikrobiyal biyokütlesinin eğimle bir ilişkisinin olup olmadığı da araştırılmıştır. Nitekim literatürde bu ya da buna benzer bir amaçla yapılan bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle biyokütle-eğim ilişkisi mevcut çalışmada ayrıntılı olarak irdelenmeye çalışılmıştır. Çalışma bulguları analiz edildiğinde, düz alanlarda ve yüksek eğimli alanlarda mikrobiyal biyokütle karbon ortalamaları kontrol sahalarından düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak irdelendiğinde mikrobiyal karbon eğim ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır.

Çoğu zaman toprak biyosferi yani mikrobiyal faaliyetlerin yaşandığı toprak alanı, en az iki zonda incelenir (Wu'thrich, 2002; Michelsen ve ark., 2004; Bolat, 2011). Bu zonlardan ilki olan toprak üst kısmı önceki paragrafta tartışılmıştı. Üst toprak zonunun destekçisi olan ve bitki rizosfer alanını oluşturan toprak alt kısmı da mevcut çalışmada

analiz edilmiştir. Alt toprakta (5-10 cm) mikrobiyal faaliyetlerin incelenmesindeki temel nedenler; ilk olarak mikroorganizmaların rizosfer alanına dahil olması, ikinci olarak bitki köklerinin bu derinlik kademesinde faaliyet göstermesi ve son olarak üst toprak (0-5 cm) mikroorganizmaların kaynaklarından bir tanesinin de alt toprak olmasıdır. Bu bölgede yapılan toprak alt kısım mikrobiyal karbon analiz sonuçlarına göre (Tablo 4, Şekil 7); Alt toprak, yangından sonrasındaki bir yıllık dönemde, mikrobiyal karbon içeriği yönünden kontrol grubuna göre anlamlı bir azalış göstermiştir. Sonuçta alt toprak mikrobiyal biyokütle olarak kontrol sahasına yetişmemiştir.

Azot temel olarak proteinleri oluşturan aminoasitlerin bünyesinde bulunduğundan için, topraktaki mikrobiyal azotun ölçülmesi doğrudan olarak toprak biyomasının miktarını belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. Çünkü organizmada gerçekleşen bütün biyokimyasal süreçlerin enzimler tarafından katalize edildiği bilinmektedir. Dolayısıyla protein temelli olan enzimlerin miktarı arttığında hem biyokütle hem de mikrobiyal faaliyet artmış olur. Bu nedenle mikrobiyal azotun ölçülmesi toprak canlılığı açısından vazgeçilmez bir parametredir (Kızıloğlu, 1995). Mevcut çalışmada yangın sonrası topraktaki mikrobiyal faaliyetin daha iyi anlaşılması için hem üst hem de alt zonlarda mikrobiyal azot içeriği ölçülmüştür. Üst toprakta mikrobiyal azot içeriği yangından hemen sonra azalma eğilimi göstermiştir. Bazı sahalarda yangından iki yıl sonra bile yanmış sahalarda mikrobiyal azot içeriği kontrol sahalara seviyesine ulaşmamıştır. Yukarıda karbon miktarının iki yıl içinde optimuma ulaşıldığından bahsedilmişti. Karbon seviyesi optimuma ulaşmışken azot seviyesinin ulaşmaması sebebi mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerinin optimum seviyeye ulaşmamış (solunum, çoğalma, büyüme ve gelişme) olmasıdır. Dumontet ve ark., (1996) yaptıkları çalışmada mikrobiyal N içeriği kontrol seviyesine yangından sonraki dönemde erişememiştir ve yangının mikrobiyal N üzerine benzer etkisini çalışmalarında ortaya koymuşlardır. Yangından hemen sonra (Aralık'13) mikrobiyal azot içeriği tüm sahalarda için azalmıştır. Bauhus ve ark., 1993 mikrobiyal biyokütle N içeriğinin yangından hemen sonra azaldığını belirlemişlerdir. Yangından iki yıl sonra Ekim'15'de ancak kontrol seviyesine ulaşmıştır.

Alt toprakta kontrol ve yangın sahalarda arasında Nmic içeriklerine bakıldığında yangından hemen sonra Nmic kontrole göre azalmıştır. Bauhus vd., 1993. Nmic'in

yangın etkisi ile azaldığı belirlenmişlerdir. Ancak bu fark yangından iki yıl sonraki Ekim'15 döneminde kapanmıştır. Yangın şiddeti ortalamaları yönünden analiz sonuçları tartışıldığında tüm dönemlerin mikrobiyal biyokütle ortalamaları hem düşük şiddette hem de yüksek şiddette kontrole göre azalma vardır. Literatürde 5-10 cm derinlik kademesinde yaklaşık 2 yıllık dönem için yangın şiddeti ve arazi eğimine göre mikrobiyal azot ile ilgili çalışma mevcut değildir.

Toprak tekstürünün yangına bağlı değişmesi için yüksek sıcaklığı ve uzun yanma süresine ihtiyaç vardır. Sunulan çalışmada kil yüzdesine yakmanın etkisi görülmemiştir. Çünkü çalışmamızda çok yüksek sıcaklıklar kısa süreli (birkaç dakika) yanıcı maddenin olduğu yüzeyde görülmüştür. Yanma derinliği OH gruplarının ayrışması için yeterli olmamıştır. Giovannini ve ark., (1988)'e göre OH gruplarının ayrışması için 460°C'den yüksek sıcaklık değerine ihtiyaç vardır. Literatürde kil içeriğine yakmanın etkisini gösteren bir örnek Tan ve ark., (1986) tarafından sunulmuştur. Bu çalışmaya göre kil minerallerinin yapısının bozulması için toprağın 550°C'den daha yüksek sıcaklıklara maruz kalması gereklidir.

Bazik katyonları içeren kül yanıcı maddenin yangınla tüketilmesi sonucu oluşur. Orman yangınları sonrası toprak pH'sının artmasının nedeni bu bazik katyonların toprağa karışmış olmasıdır. pH değerleri yanmış sahalarda kontrol sahalalarına göre genellikle fazla bulunmuştur. Ayrıca çalışmamızda yangın şiddeti arttığında pH'da anlamlı değişim söz konusudur. Bunun sebebi yangın şiddeti arttığında tüketilen yanıcı madde miktarının artması dolayısıyla kül miktarındaki artıştır. Benzer sonuçlar Ubeda ve ark., (2005), Mitros ve ark., (2002), Neal ve ark., (1965) tarafından bulunmuştur.

Toprak organik maddesinin orman yangınları ile azalması beklenen bir durumdur. İstatistiksel olarak incelendiğinde organik maddenin yangın etkisiyle azalması anlamlı değildir. Bazı çalışmalarda da (Dumontet ve ark., 1996; Johnson ve Curtis, 2001) yangının organik maddeye anlamlı etkisinin olmadığı bulunmuştur. Bauhus vd. (1993) yangın şiddeti düşük olduğunda organik madde içeriğinde değişimin çok az olduğunu veya değişkenlik olmadığını belirtmiştir.

6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Çorum Orman İşletme Müdürlüğü, Osmancık Orman İşletme Şefliği, Karaçam meşçerelerinde yürütülen bu çalışmada farklı şiddetlerde ve arazi eğimlerinde kontrollü yangın uygulanmış sahalarda 0-5 cm, 5-10 cm derinlik kademelerinde bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri incelenmiştir. Araştırma alanına ait toplam 7 toprak özelliği belirlenmiş ve bu toprak özellikleri basit varyans analizi (One-Way Anova), Paired Sample T-Test ve Wilcoxon signed ranks testleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Buraya kadar yapılan incelemeler sonucunda çalışma ile ilgili olarak varılan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Bu çalışmada, yaşlı karaçam meşçerelerinde düşük şiddetli ve orta şiddetli örtü yangını uygulanmıştır. Üst toprakta yangının mikrobiyal biyokütle karbon (C_{mic})'ye azaltıcı etkisi olmuştur. Yangından hemen sonra yapılan analiz sonuçlarına göre kontrole göre azalış mevcuttur. İki yıl sonra yangın-kontrol neredeyse aynı seviyeye gelmiştir.
2. Alt toprakta (5-10 cm) C_{mic} 'ye yangının etkisi toprağın izolasyon etkisinden dolayı daha az olmuştur.
3. Üst toprakta yangının mikrobiyal biyokütle azot (N_{mic})'ye azaltıcı etkisi olmuştur. Fakat bu azaltıcı etki istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yangından iki yıl sonra yangın sahasında daha fazla N_{mic} yapılan analizler sonucunda bulunmuştur. Bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir.
4. Alt toprakta N_{mic} 'e yangının etkisi ile azalma meydana gelmiştir fakat bu etki istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yangından sonraki iki yılda kontrol alanları yanana alanlardan az çıkmıştır. Yangın sahasında çıkan N_{mic} istatistiksel olarak anlamlı değildir.
5. Kil oranı düz düşük şiddetli sahada Nisan 2015'den Ekim 2015'e artmıştır. Eğimli düşük şiddetli sahada zamansal olarak değerlendirildiğinde azalmıştır. Düz orta şiddetli sahalarda zamansal olarak artış meydana gelmişken eğimli orta şiddetli sahada azalış meydana gelmiştir. Bu sonuçlardan sadece eğimli orta şiddetli sahadaki azalış istatistiksel olarak anlamlı değildir.
6. Yangının toz miktarı üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.

7. pH zamansal olarak değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı değişim bulunmuştur.
8. Organik madde düz düşük şiddetli, eğimli düşük şiddetli sahalarda anlamlı olarak azalmıştır. Düz orta şiddetli sahalarda anlamlı azalış varken meyilli orta şiddetli sahada ki artış istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yangın şiddetinin organik madde üzerinde anlamlı etkisi yoktur.

Çalışmamız göstermiştir ki düşük şiddetli örtü yangının toprak özellikleri üzerine olumsuz etkileri çok sınırlıdır. Yapılan silvikültürel müdahaleler sonucu oluşan kesim artıklarını kontrollü ve amaçlı olarak düşük şiddette yakmak hem ekonomik hem de orman zararlılarını (böcek vb...) engelleyici rol üstlenebilir.

Literatür taramasında karşılaşılan benzer çalışmalarda ölçüm ve analizler çok uzun yıllar yapılmıştır. Bu çalışmada da örnek alınması ve analiz yapılması imkanların elverdiği ölçüde daha uzun süre yapılabilir. Böylelikle yangın sonrası dönem tam anlamıyla ortaya konulabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı 213O193 numaralı “Yaşlı Karaçam Meşcerelerinde Farklı Şiddetlerdeki Örtü Yangınlarının Erozyon, Toprak Solunumu, Azot Mineralizasyonu ve Mikrobiyal Biyokütle ile Diğer Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” isimli proje ile destekleyen TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

7 KAYNAKLAR

- Acea, M.J. and T. Carballas., 1996. Changes in physiological groups of microorganisms in soil following wildfire. *FEMS Microbiology Ecology*, 20: 33-39.
- Acea, M.J. and T. Carballas., 1999. Microbial fluctuations after soil heating and organic amendment. *Bioresource Technology*, 67: 65-71.
- Ahlgren, I.F. and C.E. Ahlgren., 1960. Ecological effects of forest fires. *Botanical Review*, 26: 483-533.
- Andersen, A.N. and W.J. Müller., 2000. Arthropods response to experimental fire regimes in an Australian tropical savannah: ordinal-level analysis. *Australian Ecology*, 25: 199-209.
- Anderson, J., M., and Ingram, J., S., I., 1996. *Tropical Soil Biology and Fertility A Handbook of Methods*, Second Edition, Cab International Wallingford, UK, pp. 221.
- An Andersson, Michael, et al.,2004. "Tropical savannah woodland: effects of experimental fire on soil microorganisms and soil emissions of carbon dioxide." *Soil Biology and Biochemistry* 36.5 : 849-858.onim, 2013, Amasya İli Meteoroloji İl Müdürlüğü İklim Verileri
- Barros, Neives, et al.,1995. "The effect of soil moisture on soil microbial activity studied by microcalorimetry." *Thermochimica Acta* 249 : 161-168.
- Bauhus, J., Khan P. K., Raison R. J. 1993. “The effect of fire on carbon and nitrogen mineralization and nitrification in an Australian forest soil”, *Aust. J. Soil Res.*, 31, 621–639.
- Bolat, İ., 2011. Kayın, Gökmar ve Gökmar-Kayın Meşcerelerinde Üst Toprak ve Ölü Örtüdeki Mikrobiyal Biyokütle Karbon (C_{mic}), Azot (N_{mic}), Fosfor (P_{mic}) ve Mikrobiyal Solunumun Mevsimsel Değişimi. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 396 s.
- Bollen, G.J., 1969. The selective effect of heat treatment on the microflora of a greenhouse soil. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 75: 157-163.
- Bradstock, R.A., T.D. Auld, M.E. Ellis and J.S. Cohn., 1995. Soil temperatures during bushfires in semi-arid, mallee shrublands. *Australian Journal of Ecology*, 17: 433-440.

- Brookes, P. C., Landman, A., Pruden, G. and 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*, Vol.17, pp. 837–842.
- Campbell, G.S., J.D. Jungbauer Jr., W.R. Bidlake and R.D. Hungerford. 1994. Predicting the effect of temperature on soil thermal conductivity. *Soil Science*, 158: 307-313.
- Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143:1-10.
- Chandler, C., Ph. Cheney, Ph. Thomas, L. Trabaud and D. Williams., 1983. Fire in forestry. Vol. I, pp. 171-202. In C. Chandler, Ph. Cheney, Ph. Thomas, L. Trabaud and D. Williams [eds]. *Forest Fire Behavior and Effects*. John Wiley and Sons, New York, USA.
- Choromanska U. and DeLuca T.H., 2002. Microbial activity and nitrogen mineralization in forest mineral soils following heating: evaluation of post-fire effects. *Soil Biology & Biochemistry*, 34: 263-271.
- Choromanska, U., DeLuca T.H., 2001. "Prescribed fire alters the impact of wildfire on soil biochemical properties in a ponderosa pine forest", *Soil Science Society of America Journal*, 65, 232–238.
- Ciardi, C., 1998. Soil heating to distinguish the contribution of abiotic and extracellular activities to the overall enzyme activity in soil. *Agrochimica*, XLII: 104-117.
- Çepel, N., 1975: Orman Yangınlarının Mikroklima ve Toprak Özellikleri Üzerine Yaptığı Etkiler İ. Ü. Or. Fak. Der. Seri B, Cilt XXV, Sayı I
- Çepel, N., 1988. Orman Ekolojisi. İÜ Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İÜ Yayın No. 3518, O.F. Yayın No. 399, İstanbul, 536 s.
- Dahlberg, A., 2002. Effects of fire on ectomycorrhizal fungi in Fennoscandian boreal forest. *Silva Fennica* 36: 69-80.
- DeBano, L.F., D.G. Neary and P.F. Ffolliott., 1998. *Fire's effects on Ecosystems*. John Wiley and Sons Inc., New York, USA.
- Deka, H.K. and R.R. Mishra., 1983. The effect of slash burning on soil microflora. *Plant and Soil*, 73: 167-175.
- DKMP, 2013. Çorum ili Doğa Turizmi Master Planı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Çorum (2013-2023)
- Doğanay, H., and Doğanay, S., 2004. "Türkiye'de Orman Yangınları Ve Alınması Gereken Önlemler/Forest Fires and Measures to be Taken in Turkey." *Doğu Coğrafya Dergisi* 9.11.
- Dumontet, S., Dinel H., Scopa A., Mazzatura A., Saracino A. 1996. "Post-fire soil microbial biomass and nutrient content of a pine forest soil from a dunal Mediterranean environment", *Soil Biol. Biochem.*, 28, 1467–1475.

- Dunn, P.H. and L.F. DeBano., 1977. Fire's effect on biological and chemical properties of chaparral soils. pp. 75-84. In H.A. Mooney and C.E. Conrad [eds]. The Proceedings of Symposium on Environmental Conservation: Fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystems. USDA Forest Service WO-3. Palo Alto, CA. Washington D.C., USA.
- Dunn, P.H., S.C. Barro and M. Poth., 1985. Soil moisture affects survival of microorganisms in heated chaparral soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 17: 143-148.
- Fritze, H., Pennanen T., Pietikäinen J. 1993. "Recovery of soil microbial biomass and activity from prescribed burning", *Canadian Journal of Forest Research*, 23, 1286-1290.
- Giovannini, G., Lucchesi S., Giachetti M., 1988. "Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility", *Soil Sci.*, 146, 255-262.
- Grady, K. C., & Hart, S. C., 2006. Influences of thinning, prescribed burning, and wildfire on soil processes and properties in southwestern ponderosa pine forests: a retrospective study. *Forest Ecology and Management*, 234(1), 123-135.
- Grasso, G.M., G. Ripabelli, M.L. Sammarco and S. Mazzoleni., 1996. Effects of heating on the microbial populations of a grassland soil. *International Journal of Wildland Fire*, 6: 67-70.
- Guerrero, C., J. Mataix-Solera, I. Gómez, F. García-Orenes and M.M. Jordán., 2005. Microbial recolonization and chemical changes in a soil heated at different temperatures. *International Journal of Wildland Fire*, 14: 385-400.
- Hartford, R.A. and W.H. Frandsen., 1992. When it's hot, it's hot - or maybe it's not (surface flaming may not portend extensive soil heating). *International Journal of Wildland Fire*, 2: 139-144.
- Johnson, D. W., Curtis P. S. 2001. "Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis". *Forest Ecology and Management*, 140, 227-238.
- Jonsson, L., A. Dahlberg, M.C. Nilsson, O. Zarickrisson and O. Karen., 1999. Ectomycorrhizal fungal communities in late-successional Swedish boreal forests and composition following wildfire. *Molecular Ecology*, 8: 205-217.
- 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.
- Kızıloğlu, T., 1995. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası., Atatürk Üniv. Zir. Fak. Yay. No:180
- Labeda, D.P., D.L. Balkwill and L.E.J. Casida., 1975. Soil sterilization effects on in situ indigenous microbial cells in soil. *Canadian Journal of Microbiology*, 21: 263-269.
- Mabuhay, J.A., Y. Isagi and N. Nakagoshi., 2006. Wildfire effects on microbial biomass and diversity in pine forest at three topographic positions. *Ecological Research*, 21: 54-63.

- Mataix-Solera J., Guerrero C., García-Orenes F., Bárcenas G. M., Torres M. P. 2009. “Forest Fire Effects on Soil Microbiology”, Land Reconstruction and Management (Ed: Haigh, M. J.) series, Fire Effects on Soils and Restoration Strategies (Ed: Cerda, A., Robichaud P.R.), 5, 133-175.
- Mataix-Solera, J., J. Navarro-Pedreño, C. Guerrero, I. Gómez, B. Marco and J. Mataix., 2002. Effects of an experimental fire on soil microbial populations in a Mediterranean environment. pp. 1607-1614. In J.L. Rubio, R.P.C. Morgan, S. Asins and V. Andreu [eds]. Man and Soil at the Third Millennium. Geofoma Ediciones, Logroño, Spain.
- Michelsen, A., Andersson, M., Jensen, M., Kjøller, A., & Gashew, M., 2004. Carbon stocks, soil respiration and microbial biomass in fire-prone tropical grassland, woodland and forest ecosystems. *Soil Biology and biochemistry*, 36(11), 1707-1717.
- Mitros, C., McIntyre S., Moscato-goodpaster B. 2002. “Annual burning affects soil pH and total nitrogen content in the cera oak woodlands”, *Tillers*, 3, 29-32.
- Neal, J., Wright L., Bollen W. B. 1965. “Burning Douglas – Fir slash; physical, chemical and microbial effects in the soil”. Forest Research Laboratory, Research Paper No. 1 Oregon State University Corvallis-USA.
- Neary, D.G., C.C. Klopatek, L.F. DeBano and P.F. Ffolliott., 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, 122: 51-71.
- Nielsen, M. N., Winding, A., Binnerup, S., Hansen, B. M., Hendriksen, N. B., & Kroer, N., 2002. Microorganisms as indicators of soil health. National Environmental Research Institute.
- Öner, M., 2002. Mikrobiyal Ekoloji,. Ege Üni. Fen. Fak. Kitaplar Serisi, No:100.
- Pattinson, G.S., K.A. Hammill, B.G. Sutton and P.A. McGee. 1999. Simulated fire reduces the density of arbuscular mycorrhizal fungi at the soil surface. *Mycological Research*, 103: 491-496.
- Picone, L.I., G. Quaglia, F.O. García and P. Littera., 2003. Biological and chemical response of a grassland soil to burning. *Journal of Range Management*, 56: 291-297.
- Pietikäinen, J., R. Hiukka and H. Fritze., 2000. Does short-term heating of forest humus change its properties as a substrate for microbes?. *Soil Biology & Biochemistry*, 32: 277-288.
- Pritchett, W.L. and R.F. Fisher., 1987. *Properties and Management of Forest Soils*. 2nd Edition. Wiley, New York, USA.
- Raison, R.J., 1979. Modifications of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review. *Plant and Soil*, 51:73-108.
- Rodríguez, A., Durán J., Fernández-Palacios J. M., Gallardo A. 2009. “Short-term wildfire effects on the spatial pattern and scale of labile organic-N and inorganic-N and P pools”, *Forest Ecology and Management*, 257, 739–746.

- Rundel, P.W., 1983. Impact of fire on nutrient cycles in Mediterranean-type ecosystems with reference to chaparral. pp. 192-2207. In F.J. Kruger, D.T. Mitchell and J.U.M. Jarvis [eds]. *Mediterranean-type Ecosystems: The Role of Nutrients*. Springer-Verlag, New York, USA.
- Schindlbacher, Andreas, et al., 2011 "Experimental warming effects on the microbial community of a temperate mountain forest soil." *Soil Biology and Biochemistry* 43.7 : 1417-1425.
- Schmidt, S. K., Costello, E. K., Nemergut, D. R., Cleveland, C. C., Reed, S. C., Weintraub, M. N., ... & Martin, A. M. 2007. Biogeochemical consequences of rapid microbial turnover and seasonal succession in soil. *Ecology*, 88(6), 1379-1385.
- Sgardelis, S.P. and N.S. Magaris., 1993. Effects of fire on soil microarthropods of a phryganic ecosystem. *Pedobiologia*, 37: 83-94.
- Stendell, E.R., T.R. Horton and T.D. Bruns., 1999. Early effects of prescribed fire on the structure of the ectomycorrhizal fungus community in a Sierra Nevada ponderosa pine forest. *Mycological Research*, 103: 1837-1359.
- Tabatabai, M. and Bremner, J.M., 1970. Arylsulfatase activity of soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, 34: 225-229.
- Tan, K. H., Hajek B.F., Barshad I. 1986. "Thermal analysis techniques". In: Klute A., (ed) *Methods of soil analysis, 1. Physical and mineralogical methods* American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, 151–183
- Theodorou, C. and G.D. Bowen., 1982. Effects of a bushfire on the microbiology of a South Australian low open dry sclerophyll forest soil. *Australian Forest Research*, 12: 317-327.
- Ubeda, X., Lorca M., Outeiro L. R., Bernia S., Castellnou M. 2005. "Effects of prescribed fire on soil quality in mediterranean grassland (Prades Mountains, North-east Spain)". *Int. J. Wildland Fire*, 14, 379-384.
- Vance, E. D., Brookes, P. C. and Jenkinson, D. S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol.19, pp. 703–707.
- Vázquez, F.J., M.C. Acea and T. Carballas., 1993. Soil microbial populations after wildfire. *FEMS Microbiology Ecology*, 13: 93-104.
- Villar, M. C., et al., 2004. "Changes in soil microbial biomass and aggregate stability following burning and soil rehabilitation." *Geoderma* 122.1: 73-82.
- Waldrop, M. P., Harden J. W. 2008. "Interactive effects of wildfire and permafrost on microbial communities and soil processes in an Alaskan black spruce forest", *Global Change Biology*, 14, 2591–2602.
- Wallwork, J.A., 1970. *Ecology of soil animals*. McGraw-Hill, Maidenhead, Berkshire, UK.

- Wells, C.G., R.E. Campbell, L.F. DeBano, C.E. Lewis, R.L. Fredicksen, E.C. Franklin, R.C. Froelich and P.H. Dunn., 1979. Effects of fire on soil: A state-of-knowledge review. USDA Forest Service, General Technical Report WO-7.
- Widden, P. and D. Parkinson., 1975. The effects of a forest fire on soil microfungi. *Soil Biology & Biochemistry*, 7: 125-138.
- Wikars, L.O. and J. Schimmel., 2001. Immediate effects of fire severity on soils invertebrates in cut and uncut pine forests. *Forest Ecology and Management*, 141:189-200.
- Wolf, D.C. and H.D. Skipper., 1994. Soil sterilization. pp. 41-50. In R.W. Weaver, S.Angle, P. Bottomley, D. Bezdicek, S. Smith, A. Tabatabai and A. Wollum [eds]. *Methods of Soil Analysis, Part 2*. Soil Science Society of America, Madison, USA.
- Wüthrich, Christoph., 2002. "Soil respiration and soil microbial biomass after fire in a sweet chestnut forest in southern Switzerland." *Catena* 48.3 : 201-215.
- Xiang, Xingjia, et al.,2014. "Rapid recovery of soil bacterial communities after wildfire in a Chinese boreal forest." *Scientific reports* 4 (2014): 3829.
- Yeager, C.M., D.E. Northup, C.C. Grow, S.M. Barns and C.R. Kuske., 2005. Changes in nitrogen-fixing and ammonia-oxidizing bacterial communities in soil of conifer after wildfire. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 2713-2722.

ÖZGEÇMİŞ

Fotoğraf

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KILIÇ, Miraç
Uyuşu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum tarihi ve yeri :01/01/1987-Malatya
Medeni hali :Bekar
Yabancı Dili :İngilizce
Telefon :0 (545) 593 17 03
e-posta :mirackilic@outlook.com

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Lisans	KTÜ/Orman Mühendisliği Bölümü	2012