

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**KARAÇAM VE MEŞE ORMANINDA YANGIN SONRASI TOPRAĞIN
BAZI ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMLER**

Aliye Sepken KAPTANOĞLU BERBER

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ANKARA
2014**

Her hakkı saklıdır

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

27.06.2014

Aliye Sepken KAPTANOĞLU BERBER

ÖZET

Doktora Tezi

KARAÇAM VE MEŞE ORMANINDA YANGIN SONRASI TOPRAĞIN BAZI ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMLER

Aliye Sepken KAPTANOĞLU BERBER

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayten NAMLI

Orman yangınlarının yıkıcı etkilerinin intersine özellikle şiddetleri düşük olduğunda ekosistem düzenleyicileri gibi etkinlik gösterebildikleri bilinmektedir. Son yıllarda küresel iklim değişikliği ile beraber yarı kurak bölgelerdeki orman yangınlarına duyulan ilgi artmıştır.

Bu tez çalışmasında Karadeniz ve İç Anadolu bölgeleri arasındaki geçit kuşağında yer alan Safranbolu’da oluşan bir orman yangınından sonra meşe (*Quercus pubescens*) ve karaçam (*Pinus nigra*) karışık meşçeresi topraklarında fiziksel (tekstür, agregat stabilitesi), kimyasal (toprak reaksiyonu-pH, kireç-CaCO₃, kalsiyum-Ca, alınabilir fosfor-P₂O₅, elektriksel iletkenlik-EC, organik madde-OM, toplam azot-TN, organik karbon-toplam azot oranı-C/N) ve biyolojik (mikrobiyal solunum-CO₂ çıkışı, mikrobiyal biyokütle karbonu-Cmic, mikrobiyal biyokütle karbonu/organik karbon oranı-Cmic/OC, β-D glikosidaz, asit fosfataz, üreaz enzim aktiviteleri) özellikler çalışılmıştır. İki uygulama (kontrol-yangın) arasındaki değişim yangından on beş gün sonra-yeni yanan ve Şubat-kış (I. ve II. dönemler) örnekleme sonuçlarına göre; uygulamalar (kontrol-enkazlı yangın-boşaltılmış yangın sahaları) arasındaki değişim yangından sonra Mayıs-ilkbahar, Eylül-yaz ve Kasım-sonbahar (III., IV. ve V. dönemler) örnekleme sonuçlarına göre incelenmiştir.

Sonuçlar düşük ve orta şiddetli yangının bazı mikrobiyal aktiviteleri teşvik ettiğini (CO₂ çıkışı, Cmic) bazı kimyasal özellikleri geliştirdiğini (pH, CaCO₃, Ca, P₂O₅) gösterirken bazılarının etkilenmediğini (EC, OM, TN, C/N, asit fosfataz,) veya negatif etkilendiğini (β-D glikosidaz, üreaz enzim aktiviteleri) göstermiştir.

Haziran 2014, 116 sayfa

Anahtar Kelimeler: Orman yangını, agregat stabilitesi, mikrobiyal biyokütle karbonu, toprak enzim aktivitesi, mikrobiyal solunum, toprak

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

CHANGES IN SOME PROPERTIES OF SOIL IN BLACK PINE AND OAK FOREST AFTER WILDFIRE

Aliye Sepken KAPTANOĞLU BERBER

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Ayten NAMLI

Although wildfires are known to destruct ecosystem, they may act as ecosystem regulating factor, when their severity is low. In recent years due to global climate changes there has been an increasing interest on forest fires occurring under semi-arid regions.

In this thesis, physical (texture, aggregate stability), chemical (pH, CaCO₃, Ca, P₂O₅, EC, OM, TN, C/N), and biological (CO₂ evaluation, C_{mic}, C_{mic}/OC, β-D glucosidase, acid phosphatase, urease enzyme activities) properties of soil under oak and black pine mixed site were studied after a wildfire, in Safranbolu transition zone extended from Black Sea to Central Anatolia regions. The changes occurred in selected soil characteristics were investigated in different forest conditions in a sampling period from spring to autumn, between two conditions (control-burnt) for fifteen days after fire-recently burned and February-winter sampling (I. and II. periods) and between three groups (control-fire area with residual trees- fire area without residual trees) for May-spring, September-summer and November-autumn (III., IV., and V. periods).

The results indicated that low and moderate fire promoted some microbial activities (CO₂ evaluation, C_{mic}) and improved some chemical characteristics (pH, CaCO₃, Ca, P₂O₅) while some of them were not affected (EC, OM, TN, C/N, acid phosphatase,) or affected by fire negatively (β-D glucosidase, urease enzyme activities).

June 2014, 116 pages

Key Words: Wildfire, aggregate stability, microbial biomass carbon, soil enzyme activity, soil respiration, soil

TEŞEKKÜR

Bana toprak biyolojisi alanında çalışma imkanı tanıyan ve beni bu konuda yetiştiren, sıcak dostluğu ve güç veren desteğiyle her zaman yanımda olduğunu hissettiğim danışman hocam Prof. Dr. Ayten NAMLI'ya, çalışmak istediğim bu konuda beni inançlı ve kararlı tutan, çalışmalarımı her aşamasında destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'ndan Doç. Dr. Oğuz Can TURGAY'a ve Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü, Ekoloji Anabilim Dalı'ndan Doç. Dr. Çağatay TAVŞANOĞLU'na, çok değerli katkıları için Osmangazi Üniversitesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'ndan hocam Prof. Dr. Kazım ÖZDAMAR'a, Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nden Prof. Dr. Mahmut Yüksel'e, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Havza Yönetimi Ana Bilim Dalı'ndan Prof. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL'e, Anadolu Üniversitesi'nden Yard. Doç. Evrim GENÇ'e, şefliğini yürüttüğü Safranbolu bölgesinde güven veren desteği ile çalıştığım için kendimi çok şanslı hissettiğim değerli arkadaşım ve meslektaşım Orman Yüksek Mühendisi Akgün KARAKAYA'ya ayrıca çalıştığım kurum olan Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde beni bu alanda çalışmaya teşvik eden, çalışmam için her türlü imkanı sağlayan kurum müdürü Dr. Ş. Teoman GÜNER ve katkılarıyla her zaman yanımda olan Ekosistem Araştırmaları Başmühendisi Dr. Aydın ÇÖMEZ başta olmak üzere bana destek olan bütün çalışma arkadaşlarıma, çalışmalarım nedeniyle bazen ihmal ettiğim ama yine de sevgi dolu yürekleri ile beni bekleyen ve destekleyen kızlarıma ve bu esnada beni aratmayan eşim ve pek çok çalışmam yanında tezime de katkıda bulunan meslektaşım Orman Yüksek Mühendisi Hasan BERBER'e, gönülden manevi desteklerinden ötürü kardeşlerime, anne-babama ve dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

A.Sepken KAPTANOĞLU BERBER

Ankara, Haziran 2014

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ	9
2.1 Toprağın Fiziksel Özellikleri Üzerine Yangının Etkisi	12
2.2 Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerine Yangının Etkisi	14
2.3 Toprağın Biyolojik Özellikleri Üzerine Yangının Etkisi	20
3. MATERYAL ve YÖNTEM	28
3.1 Materyal	28
3.1.1 Çalışma alanı tanıtımı	28
3.1.2 Deneme deseni ve/veya örnekleme yöntemi	30
3.1.3 Arazi çalışması	30
3.2 Laboratuvar Yöntemleri	35
3.3 İstatistiksel Değerlendirme Yöntemleri	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1 Tekstür	41
4.2 Agregat Stabilitesi	42
4.3 Toprak Reaksiyonu (pH)	45
4.4 Elektriksel İletkenlik (EC)	49
4.5 Toplam Kireç (CaCO ₃)	52
4.6 Kalsiyum Miktarı (Ca)	55
4.7 Yarıyışlı Fosfor (P ₂ O ₅)	58
4.8 Organik Madde (OM)	61
4.9 Toplam Azot (TN)	63
4.10 Karbon-Azot Oranı (C/N)	67
4.11 Mikrobiyal Solunum-Karbondiyoksit (CO ₂) Çıkışı	70
4.12 Mikrobiyal Biyokütle Karbonu (C _{mic})	73
4.13 Mikrobiyal Biyokütle Karbonunun Organik Karbona Oranı (C _{mic} /C _{org}) ..	76
4.14 β-D Glikosidaz Enzim Aktivitesi	79
4.15 Asit Fosfataz Enzim Aktivitesi	82
4.16 Üreaz Enzim Aktivitesi	85
4.17 Ayırma Analizleri Bulguları	90
4.17.1 Meşe türünde ayırma analizi bulguları	90
4.17.2 Karaçam türünde ayırma analizleri bulguları	92
5. SONUÇ	95
KAYNAKLAR	101
EK 1 Sahadan görüntüler	113
ÖZGEÇMİŞ	115

SİMGELER DİZİNİ

C	Karbon
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kireç
CO ₂	Karbondioksit
°C	Santigrat
HCl	Hidroklorik Asit
K ₂ SO ₄	Sülfrik Asit
N	Azot
NaOH	Sodyum Hidroksit
nm	Nanometre
pH	Toprak reaksiyonu
P	Fosfor
P ₂ O ₅	Yarayışlı (alınabilir) fosfor

Kısaltmalar

C _{mic}	Mikrobiyal biyokütle karbonu
C _{org}	Organik karbon
C _{mic} /C _{org}	Mikrobiyal biyokütle karbonu/Organik karbon oranı
Çk	Karaçam
EC	Elektriksel iletkenlik
M	Meşe
OM	Organik madde
Sd	Standart deviation (Standart Sapma)
C/N	Karbon/Azot

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Araştırma alanının coğrafi konumu	28
Şekil 3.2 Çalışma alanının uydu görüntüsü.....	29
Şekil 3.3 Sahanın yangından sonra genel görünümü	29
Şekil 3.4 Karaçam yangın örnek alanı	31
Şekil 3.5 Toprak profili	33
Şekil 3.6 Enkaz kaldırıldıktan sahanın sonra genel görünümü	34
Şekil 3.7 Sahada enkazlı bırakılan örnek alanlardan ikisi.....	34
Şekil 4.1 Yangın ve uygulamanın farklı türlerde tekstür ve agregat stabilitesi üzerine etkisi	43
Şekil 4.2 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde pH üzerine etkisi	47
Şekil 4.3 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde EC üzerine etkisi	50
Şekil 4.4 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde CaCO_3 üzerine etkisi.....	53
Şekil 4.5 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde Ca üzerine etkisi.....	56
Şekil 4.6 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde P_2O_5 üzerine etkisi	59
Şekil 4.7 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde OM üzerine etkisi.....	62
Şekil 4.8 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde TN üzerine etkisi.....	65
Şekil 4.9 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde C/N üzerine etkisi	68
Şekil 4.10 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde CO_2 çıkışı üzerine etkisi.....	71
Şekil 4.11 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde C_{mic} üzerine etkisi	74
Şekil 4.12 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde $\text{C}_{\text{mic}}/\text{C}_{\text{org}}$ üzerine etkisi	77
Şekil 4.13 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde β -D glikosidaz üzerine etkisi ...	80
Şekil 4.14 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde asit fosfataz üzerine etkisi.....	83
Şekil 4.15 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde üreaz üzerine etkisi	86
Şekil 4.16 Standart ayırıcı fonksiyonlar (Meşe)	92
Şekil 4.17 Standart ayırıcı fonksiyonlar (Karaçam).....	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Batı Washington bölgesinde bir orman toprağının yangından evvel ve tekrarlı yangınlardan sonraki azot ve C/N oranı değerleri.....	18
Çizelge 3.1 Safranbolu iklim verileri	30
Çizelge 3.2 Toprak serilerinin FAO/UNESCO (1988) sistemine göre sınıflandırılması.....	32
Çizelge 3.3 Saha profilinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	33
Çizelge 3.4 Çalışma alanının yeryüzü şekli ve bitki örtüsü	35
Çizelge 4.1 Meşe’de üst derinlik fiziksel toprak özellikleri (ortalama $\pm$ Sd)	44
Çizelge 4.2 Karaçam’da üst derinlik fiziksel toprak özellikleri (ortalama $\pm$ Sd).....	44
Çizelge 4.3 Meşe’de alt derinlik fiziksel toprak özellikleri (ortalama $\pm$ Sd).....	44
Çizelge 4.4 Karaçam’da alt derinlik fiziksel toprak özellikleri (ortalama $\pm$ Sd)	45
Çizelge 4.5 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde pH ortalamaları ($\pm$ Sd)	48
Çizelge 4.6 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde EC ortalamaları ($\pm$ Sd).....	51
Çizelge 4.7 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde CaCO ₃ ortalamaları ($\pm$ Sd)	54
Çizelge 4.8 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde Ca ortalamaları ($\pm$ Sd)	57
Çizelge 4.9 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde P ₂ O ₅ ortalamaları ($\pm$ Sd).....	60
Çizelge 4.10 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde OM ortalamaları ($\pm$ Sd)	64
Çizelge 4.11 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde TN ortalamaları ($\pm$ Sd)	66
Çizelge 4.12 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde C/N ortalamaları ($\pm$ Sd)	69
Çizelge 4.13 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde CO ₂ ortalamaları ($\pm$ Sd)	72
Çizelge 4.14 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde Cmic ortalamaları ($\pm$ Sd)	75
Çizelge 4.15 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde Cmic/Corg ortalamaları ($\pm$ Sd)	78
Çizelge 4.16 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde β -D glikosidaz ortalamaları ($\pm$ Sd)	81
Çizelge 4.17 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde asit fosfataz ortalamaları ($\pm$ Sd)	84
Çizelge 4.18 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde üreaz ortalamaları ($\pm$ Sd)	87
Çizelge 4.19 Meşe’de yangın-uygulamanın kimyasal ve biyolojik üst toprak özellikleri üzerine etkisi (ortalama $\pm$ Sd)	88
Çizelge 4.20 Çk’ da yangın-uygulamanın kimyasal ve biyolojik üst toprak özellikleri üzerine etkisi (ortalama $\pm$ Sd)	88
Çizelge 4.21 Meşe’ de yangın-uygulamanın kimyasal ve biyolojik alt toprak özellikleri üzerine etkisi (ortalama $\pm$ Sd)	89
Çizelge 4.22 Çk’ da yangın-uygulamanın kimyasal ve biyolojik alt toprak özellikleri üzerine etkisi (ortalama $\pm$ Sd)	89
Çizelge 4.23 Ayırma analizi sonuçları (Meşe)	90
Çizelge 4.24 Sınıflama fonksiyonu katsayıları (Discriminant Coefficients) (Meşe)	90
Çizelge 4.25 Yapı matrisi (Meşe)	91
Çizelge 4.26 Ayırma analizi sonuçları (Karaçam)	92
Çizelge 4.27 Yapı matrisi (Karaçam).....	93
Çizelge 4.28 Sınıflama fonksiyonu katsayıları (Discriminant Coefficients) (Karaçam)	93

1. GİRİŞ

Orman ekosistemi, çoğunlukla daha eğimli arazi yapısı, mineral toprak üzerinde oluşan daha kalın, organik madde içeriği daha fazla humus tabakası ve döküntü örtüsüyânında toprağın çok daha derin kademelerine yayılan kök tabakası ile diğer ekosistemlerden ayrılır. Bu özellikleri orman topraklarının fiziksel ve kimyasal yapısını etkilediği kadar biyolojik yapısında ve etkinliğinde de farklılıklara neden olur.

Ormanların verimliliği toprakta bitkilerin kullanımına elverişli yani alınabilir besinlerin varlığına bağlıdır. Ormanda besin döngüleri besin elementlerinin depolanmasını ve bu depolar arasındaki akışı kapsar. Toprak ve ağaçlar arasındaki besin döngüsünde topraktan ağaçlara sağlanan yıllık besin miktarı genellikle orman toprağına giren yıllık besin miktarından daha fazladır. Bu besin akışında yer alan miktar toprakta depolanan besin miktarının sadece küçük bir kısmını oluşturur. Bir yılda döküntü, yaprak ve köklerin ayrışmasıyla oluşan besinler bitkilerin o yıl için besin ihtiyacını karşılayabilecek düzeydedir (Fisher ve Binkley 2000). Bununla birlikte oluşan yangın, kesimgibi bir zararın etkisi ve sonrasında çıplaklaşan arazide erozyon ve yıkanmanın yol açtığı besin kayıpları veya düşük-orta şiddetli yangınların alınabilir besin formlarında oluşturduğu artış, toprak yüzeyinin açılması ile toprak ısınmasının teşvik ettiği mikrobiyal aktivite toprakta depolanan besin miktarını etkileyebilir.

Toprak mikroorganizmaları orman ekosistemlerinde pek çok işlevi yerine getirir. Bunlar arasında besin kaynağı ve deposu olmak, besin iletiminde katalizör olmak, toprak strüktürünü oluşturmak ve korumak ve bitki kökleriyle bitki sağlığını olumlu etkileyen mutualistik ilişkiler oluşturmak sayılabilir (Paul ve Clark 1996). Toprak verimliliği ve besin döngüsü mikroorganizmaların miktarı ve aktivitesinden etkilenir, bu yüzden mikroorganizmalar toprağın verimliliğini muhafaza eden anahtar unsurlardır (Jenkinson ve Ladd 1981). Ayrışma ve besin döngüsünün (C, N, P) merkezindeki mikrobiyal topluluklar ormanların zararlı etkilere direnç kazanmasında ve gençleşme süreçlerinde önemli rol oynarlar. Diğer besin maddelerini veren mineraller olduğu halde, azot besin maddesinin kaynağını toprak organik maddesi ve toprak mikroorganizmaları oluşturur (Çepel 1975).

Yangınlar tüm dünyada ormanların yaşamı, yıkımı ve yeniden hayata dönüşünde en önemli etkiye sahip unsurlardan birisidir. Orman yangınlarının pek çok açıdan ekosistem üzerine etkisi uzun zamandır ilgilenilen ve araştırılan bir konudur. Son yıllarda silvikültürel bir uygulama ve koruma tedbiri olarak yaygın kullanımının artması nedeniyle de denetimli ya da doğal yangınların toprak özelliklerine kısa dönemde ve uzun dönemde yaptığı etkiler ilgi çekmekte ve araştırılmaktadır. Tekrarlayan düşük şiddetli yangınlar alt tabaka temizliği yaparak ormanın şekillenmesine, yangına dayanıklı diri örtünün yenilenmesine ve besin döngüsünün hızlanmasına neden olabilirken, yüksek şiddetli yangınlar ağaçları da kapsayan bitki örtüsünün büyük bölümünün ölümüne, azot gibi besinlerin büyük miktarlarda atmosfere karışmasına ve bitki-toprak ilişkilerinde telafisi yıllar alan zararlara yol açabilmektedir (Fisher ve Binkley 2000).

Akdeniz tipi ekosistemler, yangın sonrası otosüksesyon (doğrudan yapılanma) süreciyle hızlı bir şekilde yeniden yapılanmakta ve bu doğrultuda zaman içinde yeniden şekillenebilmektedir (Kavgacı ve Tavşanoğlu 2010). Ancak küresel ısınmayla birlikte karasal iklim ekosistem yangınları da önem kazanmaya, akdeniz iklim vejetasyonu gibi yangına uyum sağlamamış türlerde yangının etkisi daha fazla merak konusu olmaya başlamıştır. Karaçamların kozalakları kapalı değildir (Trabaud ve Campant 1991, Habrouk vd. 1999, Tapias vd. 2001) ve tohumları yangında ulaşılan yüksek sıcaklıklara duyarlıdır (Escudero vd. 1999, Habrouk vd. 1999). Bu türler için doğal rejenerasyon ancak kayalık mostralara, sırtlar gibi yangından korunan alanlarda (Escudero vd. 1999) veya düşük şiddetli yangınlardan sonra beklenir (Habrouk vd. 1999). 1988-2002 yılları arası yapılan istatistiklere göre, bazı dağlık (alt-Akdeniz) kesimler gibi tepe yangınının konusu olmayan alanlarda *P. nigra* meşcereleri de dahil olmak üzere tepe yangınlarında artış gözlenmeye başlanmıştır (Pausas vd. 2008).

Yangınlar yüzeydeki örtüde erişebildikleri yanıcı maddeleri tüketerek ve toprak içine ısıyı transfer ederek ve dolaylı olarak vejetasyonu, besin ve organik madde dinamiklerini değiştirerek fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini değiştirirler. Yangının toprak özellikleri üzerindeki bu etkileri yangının yoğunluğuna,

şiddetine, sıklığına, oluşum zamanına ve toprak ve ölü örtüsünün özelliklerine göre değişir (Bilgili 2009).

Tüketilen yanıcı madde miktarına (yangın şiddeti) ve eşlik eden toprakta ulaşılan sıcaklıklara bağlı olarak yangınlar pek çok toprak özelliğini büyük ölçüde etkileyebilir (Bilgili 2009). Yangınlar toprağın fiziksel özellikleri üzerinde toprak sıcaklığı, strüktürü ve ıslanma güçlüğü özellikleri üzerine yaptığı değişikliklerle etkili olur (Çepel 1975, Şengönül 1984, Fisher ve Binkley 2000). Toprak strüktürü, tekstürü, nemliliği, infiltrasyon oranları ve su tutma kapasitesi gibi fiziksel toprak özellikleri, potansiyel olarak yüzey akışına ve toprak erozyonuna neden olan toprak organik maddesinin tükenmesi yüzünden daha uzun bir dönemde değişime uğrayabilir. Toprağın kimyasal özellikleri üzerine orman yangınlarının etkisi denilince toprağın besin maddeleri ve reaksiyonu üzerine yaptığı etki anlaşılır (Çepel 1975). Yüksek toprak sıcaklıkları toprak mikroorganizmalarını ve bitki köklerini öldürebilir; toprak organik maddesinin yıkımına neden olabilir ve toprak besin ve su durumunu değiştirebilir. Yanmış bir meşcerede bulunan besinlerin miktarlarının azaldığı, buna karşılık toprak besinlerinin yangınların kimyasal olarak besinleri dönüştürmesi nedeniyle yarıyışlı besin miktarının çoğunlukla arttığı belirlenmiştir (Bilgili 2009). Toprak organik maddesindeki besin elementleri, yangınlarla açığa çıkmaktadır. Ayrıca C/N oranının yangından sonra düşmesi yangından sonra organik maddelerin daha çabuk ayrışarak azot mineralizasyonunun artacağı anlamına gelir (Çepel 1975).

Mikrobiyal biyokütle yangın sırasında ulaşılan yüksek sıcaklıklardan olumsuz etkilenmektedir (Certini 2005). Bununla birlikte toprağın ısınması ve mikroorganizmalar arasındaki kompleks ilişkiler genelde ısınma süresi, ulaşılan maksimum sıcaklıklar ve toprağın nem durumu arasındaki değişimler altında şekillenmektedir (Ahlgren ve Ahlgren 1965). Ahlgren (1974) yangının mikrobiyal aktivite üzerine olan etkisinin toprakta ulaşılan sıcaklık, yangının süresi, sonrasındaki yağışlar, yangında ve yangın sonrasında yaşayabilen mikrobiyal türler, yangından sonra örneklemeye kadar geçen süre ve örneklem mevsimi ile ilişkili olduğunu bildirmiştir (Hernandez vd. 1997). Yangın ile mikroorganizmaların kullandığı substrat yapısının değişmesine bağlı olarak da mikrobiyolojik ve biyokimyasal aktivite yangından

etkilenmektedir (Hernandez, vd. 1997, Turgay vd. 2010). Enzimler, proteinler gibi sıcaklıkla tamamen veya kısmen aktivitesini kaybedebilir.

Orman yangınlarının çalışılmasına duyulan ilgi yangının orman ekosistemleri üzerine etkilerini daha iyi anlamamıza katkıda bulunan uluslararası ve disiplinler arası yangın araştırma programlarına öncülük etmektedir. Yangının vejetasyon yapısını şekillendirmedeki önemli etkisi bilinmesine ve yangın sonrası vejetasyon dinamikleri ve yangının toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı üzerine etkileri pek çok çalışmada incelenmiş olmasına rağmen, yangının biyolojik toprak özellikleri üzerine olan etkisi üzerine ülkemizde yapılan çalışmalar (Küçük 2006, Kara 2009, Turgay vd. 2010) daha az sayıda ve bu konuda edinilen bilgiler kısıtlıdır.

Yapılan araştırmaların incelenmesinden anlaşılmıştır ki yangın sonrası mikrobiyal etkinlik ve ayrışma üzerine genellemeler yapılabilmesi için bu konuda daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç vardır. Mikrobiyal etkinlikler üzerine yangının kısa ve uzun dönemli etkilerinin araştırılması orman ekosistemlerinde yangının rolünün daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Bu tez kapsamında fiziksel ve kimyasal değişimlerle ilgili bilgilere ek olarak özellikle biyolojik verilerin de elde edilmesi, toprağın çeşitli materyaller kullanılarak (leonardit-humik-fulvik asit formları vb.) ıslahı çalışmalarına altlık oluşturması bakımından önemlidir.

Toprak mikrobiyal biyokütle karbonu ve toprak solunumu çevresel faktörlerin toprak organizmaları üzerine etkilerinin anlaşılması, doğal koşullar veya insan aktivitelerine maruz topraklarda karbon, azot, fosfor gibi temel besin maddeleri döngülerinin izlenmesi ve yine insan aktivitelerinin toprak ekosistemi üzerindeki etkilerinin izlenmesi gibi konularda sıklıkla başvurulacak parametrelerdir (Ocio vd. 1991). Toprak solunumu (karbondioksit çıkışı) toprak organik karbonunun çürümesinin en son aşamasıdır. Aerobik koşullar altında CO₂ böceklerin bağırsaklarında bulunan bakteri ve protozoalar ile toprak bakteri ve mantarlarının solunumu ile üretilmektedir. Toprakta CO₂ üretimi sıcaklıkla ve toprak yüzeyindeki ve boşluklardaki toprak organik maddesinin açığa çıkmasıyla birlikte hızlanmaktadır. Ayrışma ve buna bağlı toprak CO₂ üretimi yavaşladığında toprakta net karbon birikim miktarı artış göstermektedir.

Birim toprakta (gr) bulunan canlı mikroorganizma miktarı (μg) olarak ifade edilen mikrobiyal biyokütle karbonu C_{mic} ; (i) Çevresel faktörlerin toprak organizmaları üzerine etkilerinin anlaşılması, (ii) Doğal koşullar veya insan aktivitelerine maruz topraklarda karbon, azot, fosfor gibi temel besin maddeleri döngülerinin izlenmesi ve yine (iii) İnsan aktivitelerinin toprak ekosistemi üzerindeki etkilerinin izlenmesi gibi konularda sıklıkla başvurulmuş bir parametre olmuştur. Dolayısı ile yangının toprak organizmalarının bütünü üzerindeki etkilerinin gözlenmesi açısından C_{mic} uygun bir parametredir. Ancak ülkemiz topraklarının biyolojik potansiyeli üzerine yapılmış araştırmalarda C_{mic} kavramı üzerinde yeterince durulmamıştır. Bu nedenle tez çalışması kapsamında yangının topraktaki mikroskobik boyuttaki etkilerinin değerlendirilmesinde bu parametre kullanılmıştır.

Pek çok çalışmada mikrobiyolojik parametreler (C_{mic}/C_{org} , qCO_2 , qC vb) kombineler edilerek indeks olarak kullanılmaktadır (Nannipieri, 1994). Mikrobiyal biyokütle karbonu: toplam organik karbon oranı (C_{mic}/C_{org}) ekosistemin insanoğlu tarafından değişimini tanımlamada güvenle kullanılabilecek toprak mikrobiyal parametresidir (Dilly ve Munch 1998).

Farklı toprak tiplerinde ve farklı yönetim sistemlerinde benzer analitik metotlarla %0,5-4 arasında C_{mic}/C_{org} oranı belirlenmiştir (Balota vd. 1998, 2004). Sparling (1997)'e göre, bu oran genellikle %1-5 arasında değişmektedir. Bu geniş aralık C_{mic}/C_{org} oranının karbon dönüşüm desenini ifade etmede yüksek hassasiyete sahip olduğunu göstermektedir. Buğday ekili tarlalarda benzer çevresel koşullarda benzer değerlerin bulunduğu (%2,6-6,2) çalışmalar da mevcuttur (Insam, 1990). Yüksek değerler karbon birikimini, düşük değerler ise kaybını göstermektedir. Buna rağmen Insam ve Öhlinger (1996), bu oranın iklime çok bağlı olduğunu, kurak iklimlerde tropik iklimlere göre daha yüksek değer gösterdiğini belirtmiştir.

Mikrobiyal biyokütle karbonunun (C_{mic}) toplam karbona (C_{org}) oranının (C_{mic}/C_{org}) düşmesi topraktaki organik maddenin yarıyışlılığının azalması anlamına gelmektedir (Brookes 1995). Mikrobiyal biyokütle karbonunun toprak organik karbonuna oranı ($C_{mic}:C_{org}$) aynı zamanda toprak mikroflorasına substratın

yarayırlılığını veya tam tersi olarak topraktaki dayanıklı organik maddenin fraksiyonları göstermektedir. Gerçekte bu oran düştüğünde topraktaki yarıyırlı organik madde konsantrasyonu azalmaktadır (Brookes 1995).

Mikrobiyal biyokütle karbonu ile organik karbon arasında yüksek pozitif korelasyonlar belirlenmiştir (Anderson ve Domsch 1989, Balota vd. 1998). Mikrobiyal biyokütle karbonu ile organik karbon arasındaki yüksek organik maddeye bağılı olarak belirlenen önemli ilişki yüksek miktarda mikrobiyal aktivite ve biyokütleyle sahip olduğunu göstermektedir. Belirlenen bu bulgular mikrobiyal biyokütlenin kısımlarının toprak karbon döngüsüyle bağlantılı olduğunu göstermektedir.

Enzimler topraktaki canlı hücrelerle veya abiyotik enzimler olarak ifade edilen hücrelerle, hücre kalıntıları ve aktif enzimlerle ilişki içinde olabilmektedir. Uzun süreli arazi çalışmaları, yüksek karbon girdili (örneğin arıtma çamuru, yeşil gübre, hayvan gübresi veya organik gübreler) veya karbon girdisini muhafaza eden ürün sistemlerinin toprakta enzim aktivitesini artırdığını göstermiştir (Dick ve Tabatabai 1992). Toprak enzim sistemleri ile organik atıkların düzenlenmesi birbiriyle ilişkili olduğundan, organik atıkların toprak içerisine gömülmesi sadece toprağın kimyasal ve biyokimyasal çevresinde önemli bir rol oynamakla kalmaz, aynı zamanda ürün veren bitkilerin yanı sıra, toprakta diğere yaşam formları içinde hazır hale gelen bitki besin maddelerinin oranlarını da etkiler. Bu çalışmada β -D glikosidaz, asit fosfataz ve üreaz enzim aktiviteleri takip edilmiştir.

Sonuç olarak; orman toprağının mikrobiyal yapısının doğal yangından nasıl etkilendiğı ve değışiminin izlenmesi ile ilgili yapılacak bu çalışmada,

- Mikrobiyal karbon (C_{mic}), mikrobiyal karbon-organik karbon oranı (C_{mic}/C_{org}) ve mikrobiyal solunumun (CO_2 çıkışı),
- Toprak mikrobiyal yapısını etkileyen başlıca toprak özelliklerinin (fiziksel, kimyasal),

- C, N, P döngüsünde önemli bazı enzim aktivitelerinin yangından ve yangın sonrası sahada yapılan rutin uygulamalardan nasıl etkilendiğinin belirlenmesi ve değişimin bir yıllık zaman zarfında incelenmesi amaçlanmıştır (kısa dönemli amaçlar).

Bu çalışmanın ekosistemin ve döngünün önemli bir unsuru olan mikrobiyal özellikler ve değişimi açısından, ormanın sürdürülebilir işletmeciliğine ışık tutması ve yangın etkisiyle bozulan toprak yapısının ıslahı çalışmalarına altlık olması ise tezin uzun dönemli amaçlarıdır.

Bir sonraki bölümde daha ayrıntılı olarak incelenen kaynak çalışmalardan elde edilen bilgilere göre, orman yangınının toprak özelliklerinde meydana getirmesi beklenen değişiklikler ise;

- Tekstürde bir değişim olmaması (Oswald vd. 1999, Tavşanoğlu ve Gürkan 2010) veya eğime ve yıkanmaya bağlı değişim (Eron ve Gürbüz 1988, Mermut vd. 1997, Thomas vd. 1999, Küçük 2000, Berber vd. 2013),
- Agregat stabilitesinde artma (Guerrero vd. 2001, Arcenegui vd. 2008) veya önemsiz düzeyde değişim (Martínez-Murillo vd.2014) ya da azalma (Badía vd. 2003, Zavala vd. 2010),
- pH’da artış (Eron 1977, Eron ve Gürbüz 1988, Neyişçi 1989, Altun vd. 2004, Küçük 2006),
- EC’de artış (Kara ve Bolat 2008) veya önemsiz düzeyde etkilenme (Tavşanoğlu ve Gürkan 2010, Berber vd. 2013),
- CaCO_3 ’ta artış (Goforth vd. 2005) veya önemsiz düzeyde etkilenme (Tavşanoğlu ve Gürkan 2010),
- Ca miktarında artış (Adams ve Boyle 1980, Khanna and Raison 1986, Tomkins vd. 1990, Simard vd. 2001),
- P_2O_5 düzeylerinde artış veya eğime ve yıkanmaya bağlı farklı yönde değişim (Kutiel ve Shaviv 1992, Boydak vd. 1996, Esquilin vd. 2008),
- OM’de azalma (Eron 1977, Eron ve Gürbüz 1988, Neyişçi 1989, Boydak vd. 1996, Tavşanoğlu ve Gürkan 2010),

- TN'ta artma (Boydak vd. 1996, Altun vd. 2004, Esquilin vd. 2008, Kara ve Bolat 2008, Yıldız vd. 2010),
- C/N oranında azalma veya nitrifikasyon ya da substrat kalitesine baēlı artma (Daubenmire 1974, Turgay vd. 2002, Mart nez-Murillo vd. 2014, Maksimova ve Abakumov 2015),
- CO₂ çıkışında azalma (Burke vd. 1997, K ster vd. 2015) veya önemsiz deēiřim (Euskirchen 2003) veya artma (Smith vd. 2010) ve Cmic'de azalma (Diaz-Fierros vd. 1990, Carballas vd. 1993, Vazquez vd. 1993, Acea ve Carballas 1996, Hernandez vd. 1996, Villar vd. 2004, Swallow 2009) veya substrat kalitesine baēlı artış (Turgay vd. 2010),
- Enzim aktivitelerinin negatif yönde etkilenmesi (Hernandez vd. 1997, Barreiro vd. 2015) şeklinde sıralanabilir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

Doğal orman yangınları akdeniz ekosistemlerinin önemli unsurlarından biridir. Yangının, toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik ve biokimyasal özelliklerinde neden olduğu önemli değişimler (Vasquez vd. 1993, Pietikainen ve Fritze 1993) temelde yangın şiddeti ve süresine ve toprak tipine, toprak nemine, yangın öncesi ve sonrası vejetal biyokütle ve iklimsel koşullara dayanır (Chandler vd. 1983). Akdeniz tipi ekosistemler, yangın sonrası otosüksesyon (doğrudan yapılanma) süreciyle hızlı bir şekilde yeniden yapılanmakta ve bu doğrultuda zaman içinde yeniden şekillenebilmektedir (Kavgacı ve Tavşanoğlu 2010). Karaçamların kozalakları kapalı değildir (Trabaud ve Campant 1991, Habrouk vd. 1999, Tapias vd. 2001) ve tohumları yangında ulaşılan yüksek sıcaklıklara duyarlıdır (Escudero vd. 1999, Habrouk vd. 1999). Bu türler için doğal rejenerasyon ancak kayalık mostralara, sırtlar gibi yangından korunan alanlarda (Escudero vd. 1999) veya düşük şiddetli yangınlardan sonra beklenir (Habrouk vd. 1999).

Son zamanlarda orman yangın oranındaki artış temelde arazi kullanım değişikliklerine bağlanmaktadır (Pausas 2004). Daha da ötesi, yangın rejiminde başka bir eğilim; bazı dağlık (alt-Akdeniz) kesimler gibi tepe yangınının konusu olmayan alanlarda *P. nigra* meşcereleri de dahil olmak üzere tepe yangınlarında artış gözlenmeye başlanmıştır (Pausas vd. 2008).

Çepel'in (1975) bildirdiğine göre, yangının etkisi başlıca iki gruba ayrılır:

- Yangının doğrudan etkisi; ormanları, toprak vejetasyonunu, tohumları, ölü örtüyü ve orman hayvanlarını yakıp zarara uğratması.
- Yangının dolaylı etkisi; biyotik, iklimik ve edafik faktörlerin değiştirilmesi.

Bu iki grup etkinin derecesini kesin olarak belirlemek yangın etkisinin vejetasyon tipi, toprak özellikleri, yangın mevsimi, yangını takip eden hava koşulları, yangının tekrarlanma derecesi, süresi ve şiddeti gibi pek çok faktöre bağlı olduğundan mümkün

değildir. Bu nedenle orman yangınlarının vereceği zararlar hakkında bir yargıya varırken genellemeden kaçınmak, mevcut yetişme ortamı koşullarını göz önünde tutmak son derece önemlidir (Çepel 1975).

Choung vd. (2004) yangın sonrası orman meşcerelerin yenilenmesinin artan eğimle azaldığını açıklamıştır. Çalışmalarında değerlendirmemekle beraber yangın şiddetinin, üst orman kenarında alt kısımlara göre daha fazla zararlı etki yaptığını, topografik konumlarına göre farklılaştığını gözlemişlerdir.

Bu bölümde yangının toprak özelliklerine etkilerinin değerlendirilebilmesi için yangı şiddeti, toprak sıcaklığı, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerdeki değişimler farklı alt başlıklarada incelenmiştir.

Orman yangınının şiddetinin belirlenmesi:

Doğal yangına maruz kalmış alanlarda yangının şiddeti ve toprak sıcaklığı ile ilgili bilgilerin yangının istemsiz doğasından ötürü elde edilemeyecek olması nedeniyle; yangın şiddeti, yanmış vejetasyon, ölü örtü ve kömür tozu kaplama yüzdesi hesaplanarak nitel olarak tayin edilebilir. Şiddetli yangınlarda organik maddenin tamamen yanmasıyla yanan toprak üzerinde sadece önceden bitki kalıntılarına girmiş inorganik besinler beyaz kül şeklinde yeralırken, hafif yangınlar kömürleşmiş döküntü, bitki kalıntıları ve siyah kül tabakasıyla karakterize edilirler (Chandler vd. 1983). Esquilin vd. (2008)'nin yapmış oldukları çalışmalarında her bir örnek alan için, alt tabaka vejetasyonu (özellikle ot ve çalı tabakası) ve organik kalıntıların mineral toprak tabakasına doğru en azından örnek alanın %80'i oranında yanmış ve tükenmiş olması durumunda yüksek şiddetli, örnek alanın en azından %80'inde yanmamış kömür, ölü örtü ve vejetasyon varlığı ve mineral toprağa ulaşmaması durumunda düşük şiddetli yangın sınıflandırması yapılmıştır.

Orman yangınlarının toprağı ısıtma etkisi:

Çepel'in (1975) bildirdiğine göre; orman yangınlarının toprak üzerindeki ısıtma etkisi toprak özelliklerine göre önemli derecede değişmektedir: Toprağın ısınması ya da ısı geçirgenliği organik madde ile artmakta, toprağın gözenek hacminin artışı ile azalmaktadır. Az ayrıışmış, iri parçalara bölünmüş, sıkı istiflenmiş ölü örtü, bir izolasyon görevi yaparak toprağın fazla ısınmasını önler. Buna karşılık sıkı istiflenmemiş, kuru, fazla miktarda ölü örtünün bulunduğu yerlerde yangının toprak üzerindeki etkisi çok tahripkar olur. Yani burada zararın boyutu ölü örtünün nemliliğine ve buna bağlı olarak tutuşabilmesine bağlıdır. Havanın izolasyon kapasitesi yüksek olduğundan iyi havalandan, iyi strüktürlü topraklarda ısı iletkenliği azdır. Özgöl ısılarının düşük olması nedeniyle kayalık ve kumlu topraklar killi topraklara kıyasla çok daha çabuk ısınır. Ama killi toprakların daha yavaş ısınmasının nedeni özgöl ısılarının yüksek olması değil killi toprakların çok su tutması ve suyun özgöl ısısının yüksek olmasıdır. Killi topraklarda yangınların oluşturduğu ısı enerjisinin büyük bir kısmı topraktaki suyun sıcaklığını yükseltmede harcanmış olur. Yangınlardan sonra kömürleşmiş organik maddeler nedeniyle oluşan toprak yüzeyindeki kara katman, sıcaklığın daha fazla adsorbe edilmesine neden olur. Yangının neden olduğu bu değişim soğuk iklimlerde bir avantaj sayılabilir. Yangın görmüş alanlarda toprak sıcaklığı çeşitli incelemelerde yangın görmemiş ve gölgesiz orman toprağından 2,5 cm'de 5,8 °C; 7,5 cm'de 5,5 °C fazla ölçülmüştür (Çepel 1975). Yanma sırasında, yanmanın şiddeti ve şekli ve yangında tüketilen yanıcı madde önemlidir. Bir yangında açığa çıkan enerjinin gerçek miktarı yanıcı madde tüketimine ve yakıttaki nem miktarına dayanır. Az yanıcı madde tüketilen hızlı gelişen yangınlar toprak sıcaklıkları üzerinde düşük etkiye sahiptir. Daha fazla yanıcı maddenin tüketildiğı daha yavaş yangınlar toprak sıcaklığını, mineral toprağı birkaç cm altına doğru 200 °C'ye düşen ve 15 veya 30 cm altında normal seviyelere gelen, fakat yüzeyde 700 °C'yi aşan sıcaklıklara getirebilir (Fisher ve Binkley 2000).

Bazı çalışmalar yangının farklı yersel unsurlarını ve bir ekosistemin farklı kısımları üzerine etkilerinin derecesini ortaya koymuştur. Rothermal (1972) artan eğimlerle yanıcı maddelerin önceki sıcaklıklarının daha yüksek olduğunu bulmuştur. Choung vd.

(2004) yangın sonrası orman meşcerelerinin yenilenmesinin artan eğimle azaldığını açıklamıştır. Çalışmalarında değerlendirmemekle beraber yangın şiddetinin, üst orman kenarında alt kısımlara göre daha fazla zararlı etki yaptığını, topografik konumlarına göre farklılaştığını gözlemişlerdir.

Doğal yangınlarla veya denetimli yangınlarla oluşan büyük değişiklikler toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir (Chandler vd. 1983, Vasquez vd. 1993, Fritze vd. 1993, Dumontet vd. 1996, Hernandez vd. 1997, Neary vd. 1999). Hem farklı toprak derinliklerindeki sıcaklıklara hem farklı toprak bileşiklerinin ısınma derecelerine bağlı olan bu değişimler farklılaşmaya direnebilir. Toprak ısınmasının derecesi yangından toprağa geçen enerjinin büyüklüğüne ve süresine, tekstür, nem, strüktür ve porozite gibi toprak özelliklerine ve yakıt yüklenmesi gibi faktörlere bağlıdır (Neary vd. 1999).

2.1 Toprağın Fiziksel Özellikleri Üzerine Yangının Etkisi

Orman yangınları toprağın fiziksel özellikleri üzerinde toprak sıcaklığı, strüktürü ve ıslanma güçlüğü özellikleri üzerine yaptığı değişikliklerle etkili olur (Çepel 1975, Şengönül 1984, Fisher ve Binkley 2000, Küçük 2006). Yangın nedeni ile açığa çıkan mineral toprak sertleşir, gözeneklilik azalır, strüktür bozulur. Bunun sonucunda nem tutma kapasitesi düşer ve yüzeysel akış ve erozyon artar (Çepel 1975). Yangınlar toprağın ıslanma güçlüğü özelliğini değiştirir (Şengönül 1984). Yangından sonra toprakların yüzey altı tabakalarında güç ıslanan veya ıslanmaz özellikler taşıyan tabakaların meydana geldiği görülmüştür (Şengönül 1984, Robichaud 2000, Huffman vd. 2001, Mataix-Solera ve Doerr 2004).

Küçük (2006) genç karaçam meşcerelerinde, toprak nemini ormanlık alanda % 27,41, yangın alanında % 30,87, kontrol alanında ise % 28,86 olarak bulmuştur. En fazla nem içeriği genel olarak yangın alanı ile kontrol alanında, daha az nem içeriği ise ormanlık alanda bulunmuştur. Araştırmacı, bu sonuçta yaşlı orman alanında intersepsiyonla kaybedilen su miktarının kontrol ve yangın alanından fazla olmasının etkili olduğunu belirtmiştir. Ortalama toprak sıcaklığı, ormanlık alanda 11,7°C, yangın alanında,

14,4°C, kontrol alanında ise 13,7°C olarak bulunmuştur. Kış ayında en düşük toprak sıcaklığı, yaz ayında ise en yüksek toprak sıcaklığı yangın alanında bulunmuştur .

Tane büyüklüğü dağılımı yangınlardan doğrudan etkilenmez (Oswald vd. 1999) ancak dik eğimlerde ince tanelerin erozyonla uzaklaşması kumlulukta artışa yol açabilir (Mermut vd. 1997).

Eron ve Gürbüzer (1988), % kum miktarının yanmamış ve hafif derecede yanmış sahalardan orta ve ağır derecede yanmış alanlara doğru tüm derinlikler için giderek azaldığını buna karşılık % kil miktarının arttığını kaydetmişlerdir. Marmaris'te kızılçam ormanlarında yapılan bir çalışmada yangından sonra değişik yaşlı meşcereler arasında toprak tekstüründe önemli bir değişim gözlenmemiştir (Tavşanoğlu ve Gürkan 2010). Kum değerleri, üst toprakta (0-15 cm) ormanlık alanda % 67,86, yangın alanında % 48,06, kontrol alanında ise % 54,51 olarak bulunmuştur. Yangın sonrası üst topraktaki kum miktarında bir azalış gözlenmiştir. Alt toprakta ise ormanlık alanda % 69,28, yangın alanında % 42,70, kontrol alanında ise % 40,69 olarak bulunmuştur. Bu değerlerle birlikte kil ve silt parçacıklarının yıkanarak alt katmanlara geçtiği düşünülmektedir. Kil değerleri, üst toprakta (0-15 cm), ormanlık alanda %14,81, yangın alanında %35,88, kontrol alanında %37,54 olarak bulunmuştur. Alt toprakta (15-35 cm) ise kil miktarı sırası ile ormanlık alanda %15,48, yangın alanında %39,51, kontrol alanında % 39,84 olarak bulunmuştur. Yangından sonra değişimler gözlenmiştir. İstatistik anlamda kontrol alanı ile yaşlı orman alanında farklılık bulunmuştur. Fakat yangın alanındaki değişim istatistik bakımından anlamlı değildir. Silt değerleri, üst toprakta (0-15 cm), ormanlık alanda % 17,33, yangın alanında % 16,07, kontrol alanında %18,71 olarak bulunmuştur. Alt toprakta (15-35 cm) ise kum miktarı sırası ile ormanlık alanda %15,23, yangın alanında %17,80, kontrol alanında %19,47 olarak bulunmuştur. Yangından yaklaşık bir yıl sonra silt miktarında artış gözlenmiştir. Fakat bu artış istatistik bakımından anlamlı değildir (Küçük 2006).

Berber vd. (2015) Bursa-Kestel' de çıkan bir örtü yangını sonucunda yangın sonrasında ve yaklaşık yedi ay sonra aldıkları toprak örneklerinde % kum miktarının arttığını bulmuşlardır.

Badía vd. (2003) ve Zavala vd. (2010), agregat stabilitesinde laboratuvar veya alan denemelerinde yanma ile organik maddenin yıkımına bağlı azalma olduğunu bildirmişlerdir. Guerrero vd. (2001) ile Arcenegui vd. (2008) ise yangınla oluşan yüksek sıcaklıklarda toprak mineralojisinin değişmesiyle (Fe ve Al oksihidroksitlerinin kristalleşmesi gibi) agregat stabilitesinin arttığını kaydetmişlerdir.

Martínez-Murillo vd. (2014), meşe ve çam karışık ormanında çıkan yangın sonrası yaptıkları çalışmada yanmamış sahalarda % 79,4, yanmış sahalarda % 78,1 olarak buldukları agregat stabilitesi sonuçlarının istatistiksel anlamda önemli düzeyde farklı olmadığını bildirmişlerdir.

2.2 Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerine Yangının Etkisi

Toprağın kimyasal özellikleri üzerine orman yangınlarının etkisi denilince toprağın besin maddeleri ve reaksiyonu üzerine yaptığı etki anlaşılır (Çepel 1975). Toprak organik maddesindeki besin elementleri, yangınlarla açığa çıkmaktadır. Yangın sonrası toprak yüzeyindeki organik madde önemli derecede azalır fakat toprak içindeki organik madde miktarında yangın etkisi ile meydana gelen değişiklik farklıdır. 7,5 cm derinlikten sonra toprak organik maddesi yangından çok az etkilenmektedir (Çepel 1975).

Yangının, erozyon sürecini teşvik ettiği, strüktürel değişimler yüzünden besin biokimyasal döngülerini değişime uğrattığı, organik madde kaybına ve biyotaya zarar verdiği yüzey horizonlarındaki etkileri aşıkardır (White vd. 1973, Forgeard ve Frenot 1987). Yangının genelde, organik maddenin tutuşması ve yanan vejetasyon külleriyle toprak yüzeyinde besin maddelerinin yayılabilirliğini artırdığı (Khanna ve Raison 1986, Carballas vd. 1993) bildirilmekle beraber toprağın besin içeriği yangınla azalabilir, etkilenmeden aynı kalabilir veya artabilir (Prieto Fernandez vd. 1993, Pietikainen ve Fritze 1993).

Etkisi şiddetine bağlı olmakla beraber yangın, yüzey organik madde kapsamını azaltabilir veya yapısını değiştirebilir; özellikle kararsız-değişken fraksiyonlar, suda çözünebilir bileşikler ve lipitler etkilenebilir (Giovannini vd. 1990). Örneğin, Orioli ve Curvetto (1978) sadece 250°C'yi aşan sıcaklıkların humik fraksiyonda değişiklik yapacağını öne sürmüşlerdir.

Kaye vd. (1999)'nin bildirdiğine göre her ne kadar düşük şiddetli denetimli yangınlar sonrasında artan yarayışlı besin elementleri daha büyük besin kayıplarına yol açmasa da (Grady ve Hart 2006) doğal yangınlarda mikrobiyal metabolizma için yarayışlı geniş bozunmuş madde girdileri N'un yıkanma kayıplarını hızlandırabilir (Prieto-Fernandez vd. 1993). Hart vd. (2005) restorasyon işlemlerinin ve doğal yangının toprak süreci üzerindeki kısa dönemli etkileri mikroklimadaki ve organik madde girdilerinin miktarındaki değişimleri getirirken, uzun dönemli etkileri organik madde girdilerinin niteliği üzerinde etkili olabileceğini bildirmişlerdir (Grady ve Hart 2006).

Eron (1977), yangının toprak özellikleri üzerine ve tohum gelişimi üzerine olan etkilerini vurgulayarak yangınla beraber toprak pH'sının arttığını ve organik maddenin de önceleri büyük miktarda azaldığını, sonradan ise tekrar eski seviyesine geldiğini belirtmiştir.

Eron ve Gürbüz (1988), Marmaris 1979 yılı orman yangını ile toprak özelliklerinin değişimi ve kızılçam gençliğinin gelişimi arasındaki ilişkiler adlı çalışmalarında; orta derecede ve çok yanmış alanlarda fidan gelişiminin daha iyi olduğunu, yangından sonra toprak organik maddesinin ve toprak asitliğinin azaldığını belirtmişlerdir.

Neyişçi (1989), Kızılçam orman ekosistemlerinde denetimli yakmanın toprak kimyasal özellikleri ve fidan gelişimi üzerine etkilerini incelemiş, organik maddenin yangından hemen sonra azaldığını daha sonra eski seviyesine geldiğini, toprak asitliliğinin önce azaldığını daha sonra ise arttığını belirlemiştir.

Altun vd. (2004), maki alanlarında yangından sonra orman alanlarındaki toprak besin maddesi, pH ve organik madde dinamiklerini incelemişlerdir. Toprak pH'sının, toprağın azot ve potasyum içeriğinin yangından sonra arttığını, daha sonra belirli bir azalma gösterdiğini belirlemişlerdir.

Küçük (2006) genç karaçam meşcerelerinde yangının toprak solunumu üzerine etkilerinin incelediği çalışmada, pH değerlerini, üst toprakta (0-15 cm), ormanlık alanda 6,29, yangın alanında 7,06, kontrol alanında 6,72 olarak bulmuştur. Alt toprakta (15-35 cm) ise pH, sırası ile ormanlık alanda 6,92, yangın alanında 7,38, kontrol alanında 6,89 olarak bulunmuştur. Yangın topraktaki pH değerini artırmıştır. Bu artış istatistiksel bakımdan anlamlıdır. Üst toprakta (0-15 cm) organik madde değerleri, ormanlık alanda %2,56, yangın alanında %3,22, kontrol alanında %2,98 olarak bulunmuştur. Alt toprakta (15-35 cm) ise sırası ile ormanlık alanda %1,65, yangın alanında %1,57, kontrol alanında %2,07 olarak bulunmuştur. Organik madde, yangından sonra üst toprakta artış göstermiş alt toprakta ise bir azalış göstermiştir. Fakat bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yangından sonra alana gelen tek yıllık bitkilerin ölüp ayrışması ile toprağa kazandırdığı organik madde miktarının üst toprakta organik madde artışına neden olduğu düşünülmektedir (Küçük 2006).

Yücel (2002), yanan orman alanlarında yaptığı bir çalışmada araştırma alanında toprak reaksiyonunun nötr veya buna yakın değerler taşıdığını belirtmiştir. Binkley (1986), *Pinus taeda* meşceresinde 12 yüzey yangını serisinden 24 yıl boyunca yaptığı hesaplamalardan toprağın, pH'sını 3,8'den 4,1'e çıkaran yaklaşık 120 kmol/ha H⁺ içeriğinin azaldığını bulmuştur (Fisher ve Binkley 2000).

Boydak vd. (1996)'nin bildirdiğine göre, Toros sediri deneme alanlarında, denetimli yakma işleminden önce (I), yakmanın hemen ardından (II) ve bir yıl geçtikten sonra (III) alınan toprak örneklerine ait analiz sonuçları şöyledir: Denetimli yakma işlemlerinden önce %13,38 olan organik madde miktarı, yakma işleminden sonra bir miktar düşüş göstermiş (%8,85) ama bir yıl sonra denetimli yakma işleminden önceki değere yaklaşık olarak (%13,47) ulaşmıştır. Toplam N miktarı yakma işleminden önceki değerlerden (%0,63), yakma işleminden hemen sonra daha yüksek (%0,92) bulunmuş,

bir yıl sonra yaklaşık yakma öncesi değere (%0,61) yeniden kavuşmuştur. Amonyum azotu ortalama değerler olarak denetimli yakma işleminden hemen sonra (66,44 mg/kg) ve bir yıl sonra (89,94 ppm), yakma işleminden önceki değerden (10,38 mg/kg) belirgin olarak yüksek bulunmuştur. Yakma işleminden önce 6,41 mg/kg olan nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$), yakma işleminden hemen sonra 89,03 mg/kg değerine ulaşarak belirgin olarak artmıştır. Fosfor, bitkideki birçok organik bileşiğin (fitin, nükleik asit, nükleotid, fosfatid ve mayalar) temel elementini oluşturmakta, bitki içindeki madde dolaşımı ve değişimi ile enerji bilançosunda önemli değişiklikler yapmakta, aynı zamanda solunum ve fotosentez olaylarında da önemli rol oynamaktadır (Kantarıcı 2000). Yararlanılabilir fosfor (P_2O_5), ortalama değerler olarak, yakma işlemlerinden hemen sonra (224,67 mg/kg) ve bir yıl sonra (40,5 mg/kg), yakma işleminden önceki değerlerden (21,67 mg/kg) belirgin olarak fazla bulunmuştur (Boydak vd. 1996).

Yangına maruz kalmış topraklarda P_2O_5 düzeylerinde artış kaydedilmiştir (Kutiel ve Shaviv 1992, Boydak vd. 1996, Esquilin vd. 2008, Yıldız 2010). pH' daki artış genellikle demir ve alüminyumda bağlı olan fosforu artırır. Yine yanmış toprakta artan mikrobiyal aktivite organik maddede bağlı fosforu açığa çıkarır (Fisher ve Binkley 2000).

Genel olarak denetimli yangının Toros Sediri için toprak verimliliğini artırdığı Boydak vd. (1996)'nin çalışmasında vurgulansa da karaçam ve sedir karışık meşecerisinde yangının etkisinin izlendiği başka bir çalışmada bulgular karaçam tohumlamalarında başarının düşük kaldığı yönündedir, fakat bu sonuç üzerinde sahada mevcut otlatma baskısının yangından daha fazla etkisinin olabileceği belirtilmiştir (Tavşanoğlu 2008).

Toprak azotu kaynağını organik maddeden alır, azot bir çok organik maddenin bileşimine önemli ölçüde katıldığı gibi madde değişimi ve büyüme ilişkilerini de önemle etkiler. Proteinlerin (amino asitler ve amidler) ve klorofilin sentezinde azotun etkisi yüksektir, ayrıca köklerin solunumunda azotun rolü çok önemlidir (Kantarıcı 2000).

Diğer besin maddelerini veren mineraller olduğu halde, azot besin maddesinin kaynağını toprak organik maddesi ve toprak mikroorganizmaları oluşturur. Yanan maddelerde organik olarak bağlı bulunan azot yangın esnasında havaya karışarak kayba uğrar. Ama bu alınabilir toprak azotunun azalacağı anlamına gelmez. Bazı araştırmalar yangından sonra azotun arttığını göstermiştir ve bunun ana nedeni sıcak toprağın humus mineralizasyonunu artırmasıyla nitrifikasyonun yangından sonra artmasına bağlanmaktadır (Çepel 1975).

Irmak ve Çepel'in bildirdiğine göre (1974), C/N oranının yangından sonra düşmesi (Çizelge 2.1) yangından sonra organik maddelerin daha çabuk ayrışarak azot mineralizasyonunun artacağı anlamına gelir ki bu önemlidir. Çünkü özellikle iğne yaprakların ayrışarak içindeki besin maddelerinden bitkinin faydalanabileceği humuslaşmayı meydana getirebilmeleri çok uzun zaman alır. Bir araştırmada karaçam meşcerelerinde ölü örtüdeki iğne yaprakların humuslaşması için 5 yıldan fazla bir sürenin geçmesi gerektiği saptanmıştır (Çepel 1975). Yani yangınlar bu süreyi kısaltmış olmaktadır.

Çizelge 2.1 Batı Washington bölgesinde bir orman toprağının yangından evvel ve tekrarlıyangınlardan sonraki azot ve C/N oranı değerleri (Daubenmire (1974)'e atfen Çepel 1975)

	Derinlik	Yangından Önce	Yangından Sonra
%N	O1 + O2	0,9	0,3
	0 -7,5 cm	0,1	0,1
	7,5-15cm	0,1	0,1
	15-30 cm	0,1	0,1
C/N	O1 + O2	57	17
	0 -7,5 cm	27	18
	7,5-15cm	24	18
	15-30 cm	22	18

Yangınlar toprakta azotun yanı sıra diğer besin maddeleri üzerinde de etkili olur. Çünkü yangın sonunda toprak florası ve ölü örtü yanarak bunlardaki inorganik ve organik besin maddeleri suda çözünen tuzlar haline gelir ve bunlar da bitkiler tarafından kolayca

alınır. Bu besin maddeleri kül ile birlikte yavaş yavaş toprağa girer ve toprağın besin maddesi artar (Çepel 1975). Farklı türler altındaki toprakta ölü örtünün besin elementi içerikleri türlerin yaprak ve döküntülerinin besin elementleri miktarına göre değişir; N, P, K, Ca, Mg gibi besin elementlerinin meşe külünde çam türlerine göre daha fazla içerildiğine dair bulgular mevcuttur (Woodwell vd. 1975, Klemmedson 1992).

Berber vd. (2015) Bursa-Kestel’ de çıkan bir örtü yangını sonucunda yangın sonrasında ve yaklaşık yedi ay sonra aldıkları toprak örneklerinde pH’nın arttığını, EC’nin, organik madde ve toplam azotun yangından önemli düzeyde etkilenmediğini ancak dönemin organik madde, toplam azot miktarını önemli düzeyde etkilediğini bulmuşlardır.

Marmaris’te kızılçam ormanlarında yapılan bir çalışmada yangının uzun dönemde toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkileri incelenmiş ve 3, 6, 8, 9,16 ve 26 yıl önce yangına maruz kalmış alanlardan ve uzun yıllardır yangın görmemiş alanlardan örnekler toplanarak analiz edilmiştir. Organik madde miktarı yanmamış alanlarda önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Üç yaşlı meşcere ve diğerleri arasında kation değişim kapasitesi, elektriksel iletkenlik, pH ve CaCO_3 açısından önemli fark bulunmamıştır (Tavşanoğlu ve Gürkan 2010).

Goforth vd. (2005), yangının farklı şiddetlerde etkili olduğu alanlarda yaptıkları çalışmalarında topraklar yangın öncesi karbonat içermez ve asidik iken yangın sonrasında profilde $8-14 \text{ g kg}^{-1}$ CCE (calcium carbonate equivalent) ve nötr veya alkali toprak reaksiyonu belirlemişler, yüzey toprağa dahil olmak üzere karışık ibreli ormanda beyaz külde 1690 kg ha^{-1} CaCO_3 , çam-meşe karışık ormanında koyu renk külde 700 kg ha^{-1} CaCO_3 depolandığını bildirmişlerdir.

Yangından bir ay sonra *Q. rubra*–*Populus grandidentata* ormanı toprağında Ca, Mg, ve K miktarları yangın öncesi içeriklerinden önemli düzeyde yüksek bulunmuş ama üç ay sonra bu artışlar hemen hemen ortadan kalkmıştır (Adams ve Boyle 1980). Bu bazik kationların yangının körüklemesiyle yarayırlılığındaki zenginleşmenin *P. mariana* altı topraklarında daha kalıcı (birkaç yıl) olabildiği ise Simard vd. (2001) tarafından bildirilmiştir. Tomkins vd. (1991) Ökalyptus ormanı yüzey topraklarında değiştirilebilir

NH_4^+ , K^+ ve Mg^{2+} seviyelerinde değişimlerinin altı ayda sonlandığını ancak Ca^{2+} seviyelerinin normale dönmesinin iki yılı bulduğunu belirtmiştir. Toprak çözeltisinde Ca^{2+} , Mg^{2+} ve K^+ gibi katyonlarda ve SO_4^{2-} anyonunda yangının hemen arkasından önemli ölçüde artış olduğu kaydedilmiştir (Khanna ve Raison 1986).

Hernandez vd. (1997), Akdeniz çam ormanında yangının kısa dönemli etkilerini inceledikleri çalışmalarında; bütün yanmış sahaların yüksek miktarlarda nitratlar, değişebilir NH^+ ve alınabilir P ve K içerdiğini ama toplam organik C, humik asitler, suda çözünebilir C, toplam ve suda çözülebilir karbonhidratları genelde yanmamış topraklardan daha az içerdiklerini bulmuşlardır.

Esquelin vd. (2008), Pandorosa çamı meşcerelerinde doğal yangınların ve toprağı karıştırmanın etkisini araştırdıkları çalışmada doğal yangından 3 yıl sonra yapılan gözlemlerde şiddetli yanmış noktalarda, daha yüksek toprak pH'sı, daha fazla miktarda ekstrakte edilebilir P ve açık olarak daha fazla yoğunlukta inorganik N belirlemişlerdir.

Yıldız vd. (2010) Fethiye'de sekiz yıl içinde farklı zamanlarda yangına maruz kalmış sahalarda yaptıkları çalışmalarında yangından iki hafta sonra 0-20 cm'den alınan toprak örneklerinde toprak karbonunun ve katyon değişim kapasitesinin %40 oranında azaldığını, magnezyumun yeni yanan meşcerelerde önemli ölçüde azaldığını ama bir yıl sonrasında eski düzeyine döndüğünü bulmuşlar ayrıca toplam toprak azotunun yangından bir ve iki yıl sonra diğer meşcerelerden %90 daha yüksek olduğunu ve toplam fosforun yeni yanan meşcerelerde diğer meşcerelerden dokuz kat fazla bulunduğunu belirtmişlerdir.

2.3 Toprağın Biyolojik Özellikleri Üzerine Yangının Etkisi

Trabaud (1983), Kutiel ve Shaviv (1992)'in bildirdiğine göre, denetimli yangınların mineral besinler üzerine etkileri daha fazla ele alınmıştır. Bununla beraber doğal yangınların toprak yapısı ve özellikle mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine genel etkileri hakkında çok az bilgi vardır (Hernandez vd.1997).

Toprak solunumu ve mikrobiyal solunum:

Tüfekçioğlu vd. (2004), Artvin-Genya Dağı yöresinde, çayırılık, genç ladin yaşlı ladin ve ormangülü diri örtüsü ile kaplı ladin meşcerelerindeki toprak solunumunu incelemişler ve toprak solunumunu toprak özellikleri ve toprak altı kök kütlesi ile ilişkilendirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda, çayırılık alan topraklarının yaşlı orman topraklarına kıyasla daha fazla solunum yaptığını belirlemişlerdir.

Küçük (2006)'ün çalışmasında toprak solunumu ortalama olarak, ormanlık alanda $1,03 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}$, yangın alanında, $1,55 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}$, kontrol alanında ise $1,29 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}$ olarak bulunmuştur; sıcaklıkla birlikte toprak solunumunda bir artış gözlenmiştir. Yanmış alanlardaki solunum miktarı kontrol alanına oranla daha fazla bulunmuştur. Genç meşcerelerdeki toprak solunumu yaşlı meşcerelere oranla daha fazla bulunmuştur (Küçük 2006).

Mikrobiyal solunum üzerinde yangının etkisinin düşürücü (Burke vd. 1997, Köster vd. 2015), önemsiz düzeyde (Euskirchen 2003) veya artırıcı olduğu (Smith vd. 2010) kaydedilmiştir.

Mikrobiyal biyokütle, mikrobiyal topluluk yapısı:

DeBano vd.nın (1977) bildirdiğine göre, bir orman yangını veya kontrol altında yapılan bir yakma işleminin toprak mikroorganizma faaliyetini etkileyeceği çok açıktır. Toprak ısınması ile mikrobiyal aktivite arasında oldukça kompleks bir ilişkinin olduğu belirtilmektedir (Boydak ve Şengönül 1990). Ahlgren ve Ahlgren (1965)'e göre ise, bu ilişkiler genelde ısınma süresi, ulaşılan maksimum sıcaklıklar ve toprağın nem durumu arasındaki değişmeler altında şekillenmektedir. Genel olarak bakterilerin ısınmaya karşı çok daha toleranslı oldukları belirtilmektedir (Boydak ve Şengönül 1990). Bu konuda Eron ve Gürbüz (1988)'in araştırma sonuçları da benzer yöndedir. Bakteri lehine gelişen bakteri/mantar dengesinin, toprak verimliliği açısından da olumlu bir gelişme olduğu ifade edilmektedir (Boydak ve Şengönül 1990).

Jenkinson ve Ladd (1981)'in bildirdiğine göre, toprak verimliliği ve besin döngüsü mikroorganizmaların miktarı ve aktivitesinden etkilenir, bu yüzden mikroorganizmalar toprağın verimini muhafaza eden anahtar unsurlardır (Villar vd. 2004). Vazquez vd. (1993), Acea ve Carballas (1996)'a göre, Akdeniz iklim kuşağı gibi ılıman nemli alanlarda çıkan çok sayıda doğal yangınlardan toprak strüktürü ile beraber toprak mikroorganizmalarının yoğunlukları ve çeşitlilikleri de olumsuz etkilenmektedir. Nitekim Prieto-Fernandez vd.(1998)'nin bildirdiğine göre yanmatoprakların mikrobiyal kütlelerinde yeniden toparlanması 13 yıl gibi sürecek belirgin bir düşüşe neden olmaktadır (Villar vd. 2004).

Grady ve Hart (2006)'ın bildirdiğine göre doğal yangınlar, kısa dönemde toprakları doğrudan ısıya maruz bırakmak ve mikrobiyal hücreleri tahrip etmek suretiyle mikrobiyal biyokütleyi azaltarak (Choromanska ve DeLuca 2002, Hart vd. 2005), bu hücrelerden ve organik maddeden tutuşma boyunca açığa çıkan inorganik N havuzlarının büyüklüğünü artırarak (Prieto Fernandez vd. 1998, DeLuca vd. 2002) ve kütlelerin uzaklaşmasıyla yüzeye ulaşan artan güneş ışınlamı boyunca yangın sonrası toprak sıcaklığını artırarak etkiler (O'Neil vd. 2002, Treseder vd. 2004, Wolfson vd. 2005).

Yapraklı, karışık ve ibrelili tür ormanları ölü örtüsünde mikrobiyal topluluklara farklı silvikültürel işlemlerin etkisini araştıran bir çalışmada, enkazı yanmış meşcerelerin yanmamışlara göre daha düşük mikrobiyal biyokütle ve daha fazla NO_3 konsantrasyonları gösterdiği saptanmıştır (Swallow vd. 2009). Bu çalışmada farklı mikroklimatik koşullara sahip yüksek rakımlı meşcerelerle alçak rakımlı meşcerelerin orman ölü örtülerinin arasında bazı mikrobiyal grupların diğerlerinden daha fazla seçildiği belirtilmiştir. Buna göre gösterge analizleri alçak rakımlı yapraklı meşcereler için aktinomisetlere uygun bir biyolojik göstergenin (10Me19:0) varlığını yansıtırken, yüksek rakımlı meşcerelere bir mantar fungal yağ asidi (20:1 ω 9c) biyolojik göstergesinin uyduğunu göstermiştir (Swallow vd. 2009). Bauhus vd.(1997)'nin bildirdiğine göre ibrelili türlerin yapraklarından oluşan orman ölü örtüleri yapraklı türlerden oluşanlara göre daha düşük mikrobiyal biyokütleye ve aktivitesine sahip olabilirler.

Peitikainen ve Fritze (1993), Prietro-Fernandez vd. (1998) çalışmalarında yapay ve doğal yangınların her ikisinin de zarar görmemiş doğal ve hasat yapılmış alanlara kıyaslandığında mikrobiyal biyoküttelede bir azalmaya sebep olduğunu gözlediklerini bildirmişlerdir (Swallow vd. 2009). Pietikainen vd. (2000)'nin bildirdiklerine göre Fernandez vd. (1996) doğal olarak veya laboratuvar da yakılan topraklarda C miktarının yanmamış olanlara göre önemli ölçüde azaldığını gözlemlemiştir. Ayrıca yanmış topraklarda kalan organik maddenin humidleştiğini ve sonuç olarak mikrobiyal büyüme için oransal olarak daha fazla humid madde ve daha yüksek klason lignini içerdiğinden, yanmamış olan topraklardakinden daha zayıf bir substrat olduğunu bulmuşlardır. Pietikainen vd. (2000) humus örneklerinin ısıtıldığı ve aktif toprak bakteri ile yeniden aşılandığı 6 aylık inkübasyon sonrasında ısıtılmayan humusa göre daha düşük bir mikrobiyal biyokütleye sahip olduğunu bulmuşlardır. Buna göre 100 ve 230°C ısıtılan humustaki mikrobiyal biyokütle yaklaşık olarak %34-70 azalmıştır (Swallow vd. 2009).

Benzer toprak, iklim ve diğer özelliklere sahip ladin ağırlıklı Kanada'daki Alberta, Crisholm, kuzey orman alanlarında yapılan ve kontrol, hasat, yakma ve enkaz artığı ekli yakma işlemlerinin uygulandığı bir çalışmada, Gamma- ve Alfa-proteobakterileri yanmamış alanların karakteristiği iken Beta-proteobakterileri ve *Bacillus* üyeleri yakma işlemi uygulanan sahaların karakteristiği olmuştur (Smith vd. 2008). Buna karşılık Swallow vd. (2009) tarafından yapılan kuzey Alberta'daki çalışmada yapay yanma sonrasında mikrobiyal biyoküttelede azalma kaydedilmiş ama mikrobiyal topluluk yapısında değişim olmadığı belirtilmiştir. Oysa bu çalışmada Swallow vd., Hamman vd. (2007)'nin çalışmalarına yaptıkları bir atıfla düşük ve yüksek şiddetli doğal yangınların konusu meşcerelerin komşu yanmamış meşcerelere göre farklı mikrobiyal topluluk yapısına sahip olduğunu da belirtmiş ve sonuçlarındaki bu çelişkiyi kendi çalışma alanlarında yapay olarak çıkarılan yangınların şiddetinin daha hafif olmasına bağlamışlardır (Swallow vd. 2009).

Esquelin vd. (2008), Pandorosa çamı meşcerelerinde doğal yangınların ve toprağı karıştırmanın mikrobiyal topluluk yapısı üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada doğal yangından 3 yıl sonra yapılan gözlemlerde yanmış alanlardan alınan topraklarda

daha düşük mantar biyokütlesi olduğunu ve bakteriyel biyokütlerde değişim görülmediğini ama böylece mantar/bakteri oranlarının düştüğünü bulmuşlardır. Araştırmacılar sonuç olarak yangının etkisinin yanmış toprakta aktif/total mantar hifleri oranlarının düşüklüğünden, mantarlar üzerinde, toprağı karıştırmadan daha belirleyici olduğunu belirtmişlerdir.

Vazquez vd. (1993), inkübasyon ögelerini ve populasyon büyüklüklerini değiştirmemekle beraber pek çok mikroorganizma grubunun yoğunluğunu da dönüştüren yanmanın popülasyon dalgalanmasını artırdığını kaydetmişler, kısa dönemde asit sever ve spor üretenleri de kapsayan aerobik heterotrofik bakterilerin yangınla uyarılırken ksanobakteriler, algler ve mantarların açıkça gerilemiş olduklarını belirtmişlerdir. Uzun dönemde ise yangının bakterilere spor üretenleri hariç, etkisinin geçersizleştiğini ve miselyum dışında mantar oluşumlarının, yanmamış toprak seviyelerindekilere ulaştığını, ksanobakterilerin ve alglerin de arttığını eklemişlerdir.

Hernandez vd. (1997), Akdeniz çam ormanında yangının kısa dönemli etkilerini inceledikleri çalışmalarında belirtildiğine göre mikrobiyal biyokütle karbonu, yanmış topraklarda %50 ile, yanmamış topraklarda %79'la temsil edilir; bazal solunum, dehidrojenaz aktivitesi de yangından olumsuz etklenir.

Türkiye'nin karaçam plantasyonları topraklarında doğal yangının mikrobiyal biyokütle ve çokluğu üzerine kısa dönemli etkisinin incelendiği çalışmada ise toprak organik C ve toplam azot ve elektiriksel iletkenliğin yangının ardından arttığı belirtilmiş, mikrobiyal biyokütle karbonu ve azotunun yanmış alanlardan alınan topraklarda, yanmamış komşu alanlara göre önemli farklılıklar göstermediği belirtilmiştir (Kara ve Bolat 2008).

Van Cleve ve Dyrness (1985), yanmış ve yanmamış beyaz ladin meşcerelerinde örgü çantalar içinde selüloz bantları bırakmışlar ve yanmış alanlardaki ayrışmanın yanmamış olanlardan daha hızlı olduğunu tespit etmişler; Bisset ve Parkinson (1980) ise bu hızlı selüloz ayrışmasının sadece alanda vuku bulduğunu laboratuvar inkübasyonlarında yanmış topraklarda ayrışmanın yavaş kaldığını belirtmişler ve yangının mikroçevresel etkilerinin kimyasal etkilerinden daha önemli olduğu sonucunu çıkarmışlardır. Yine

alışmalar göstermektedir ki yaprak materyallerinin bozunmasında yanmış sahalarda önemli değişim olmamaktadır (Fisher ve Binkley 2000).

Bisset ve Parkinson (1980) Alberta'daki ladin-göknar ormanlarında yanmış ve yanmamış alanlarda mikrobiyal biyokütlede değişim kaydetmemişler, 6 ay sonrasında yanmış noktalarda bakterilerin oranlarının mantarlara göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir(Fisher ve Binkley 2000). Woodmanse ve Wallach (1981), Boerner (1982), Christensen (1987)'in bildirdiğine göre, yangın sonrası simbiyotik olmayan nitrojen fiksasyonunda artış belirlenmiştir (Fisher ve Binkley 2000).

Dunn (1985) tarafından bildirildiğine göre, mikrobiyal biyokütle yangın sırasında ulaşılan yüksek sıcaklıklardan negatif yönde etkilenir (Hernandez vd. 1997). Ahlgren (1974), mikroorganizmaların kullandığı toprak mikrobiotasının ve substrat yapısının değişmesi yüzünden toprak mikroorganizmalarının metabolik aktivitesine dayanan mikrobiyolojik ve biyokimyasal etkinliğin de etkilendiğini ve yangının mikrobiyal aktivite üzerine olan etkisinin toprakta ulaşılan sıcaklığa, yangının süresine, sonrasındaki yağışlara, yangında yaşayabilen mikrobiyal türlere ve örnekleme mevsimine dayandığını bildirmiştir.

Carballas vd. (1993)'nin bildirdiğine göre enzimler, proteinler gibi sıcaklıkla tamamen veya kısmen etkisizleşebilir. Yangınla zarar gören bir toprağın yeniden herhangi bir bitki örtüsüyle kaplanmasının, o toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine yeniden kavuşmasıyla bitki büyümesine izin veren bir statüye ulaşmasına dayanacağı açıktır. Yarı kurak alanlarda orman yangınlarının zararlı etkileri iklimsel koşullarla şiddetlenir ve yeniden bitkilendirme daha zor bir hale gelir. Böyle alanlarda özellikle yaz aylarında ulaşılan yüksek sıcaklıklar, herhangi bir yağış daha şiddetli olabilirken ve toprak erozyonuna ve bitki azlığı ya da yokluğunda toprak akmasına neden olabilirken organik madde mineralizasyonunu teşvik eder (Hernandez vd. 1997).

Toprak verimliliğinin anahtar öğeleri olan toprak mikroorganizmalarının miktarı ve faaliyeti toprak üretkenliğini ve besin döngüsünü etkiler (Jenkinson ve Ladd 1981). Doğal yangınlardan hem toprak mikroorganizmalarının işlevleri ve çeşitlilikleri hem de

toprak strüktürü olumsuz etkilenir (Vasquez vd. 1993, Acea ve Carballas 1996). Bunun gibi son zamanlardaki çalışmalar da yangının toprak mikrobiyal biyokütlesinde telafisi zor ve uzun zaman alan önemli düzeyde azalmaya neden olduğunu göstermiştir (Prieto-Fernandez vd. 1993, Dunmontet vd. 1996, Mabuhay vd. 2006).

Toprak enzim aktivitesi:

Akdeniz çam ormanında yangının kısa dönemli etkilerinin incelendiği bir çalışmada, yangından sonra üreaz, proteaz, alkalın fosfataz, arilsülfataz ve β -glukosidaz enzim aktivitelerinin azaldığı bildirilmiştir (Hernandez vd. 1997).

Boerner vd. (2000), yapay yangınların toprağın enzim aktivitesine etkilerini inceledikleri çalışmalarında farklı C kaynakları için spesifik olan, asit fosfataz, β -glukosidaz, kitinaz ve fenol oksidaz etkinliklerini araştırmışlar; asit fosfataz aktivitesinin düştüğünü, β -glukosidaz aktivitesinde yangının etkisinin düşük olduğunu ama kitinaz aktivitesinin yangın yoğunluğuyla doğru orantılı olarak daha çok etkilendiğini ve arttığını kaydetmişlerdir. Bunun güçlü bir mantar popülasyonu artışına delil olabileceğini ama bu konuda daha önceki çalışmaların bunun aksini gösterdiğini yani mantar popülasyonunun yangın öncesi durumundan gerilediğini bu nedenle kitinaz aktivitesindeki artışın kitinol bakteri veya aktinomisetlerinin artışının göstergesi olabileceğini kaydetmişlerdir. Araştırmacılar bulgularına Wright ve Tarrant (1957) ile Jorgenson ve Hodges'in (1971) çalışmalarında yer alan periyodik yapay yangınlardan bakteri ve aktinomisetlerin mantarlardan daha az etkilendiği bilgisini referans göstermişlerdir (Boerner vd. 2000).

Berber vd. (2015) Bursa-Kestel'de çıkan bir örtü yangını sonucunda yangın sonrasında (Kasım-2011) ve yaklaşık yedi ay sonra (Temmuz-2012) aldıkları toprak örneklerinde enzim (β -glukosidaz, asit fosfataz) aktivitelerinin yangından önemli düzeyde etkilendiğini ancak dönemin organik madde, toplam azot ve asit fosfataz enzim aktivitesini önemli düzeyde etkilediğini bulmuşlardır. Asit fosfataz enzim aktivitesi yangından sonra alınan örneklerde önemli olmayan düzeyde azalmış ancak bu önemsiz

etki ikinci örnekleme zamanında (temmuz) tamamen kaybolmuş enzim aktivitesi bu dönemde önemli düzeyde artmıştır.

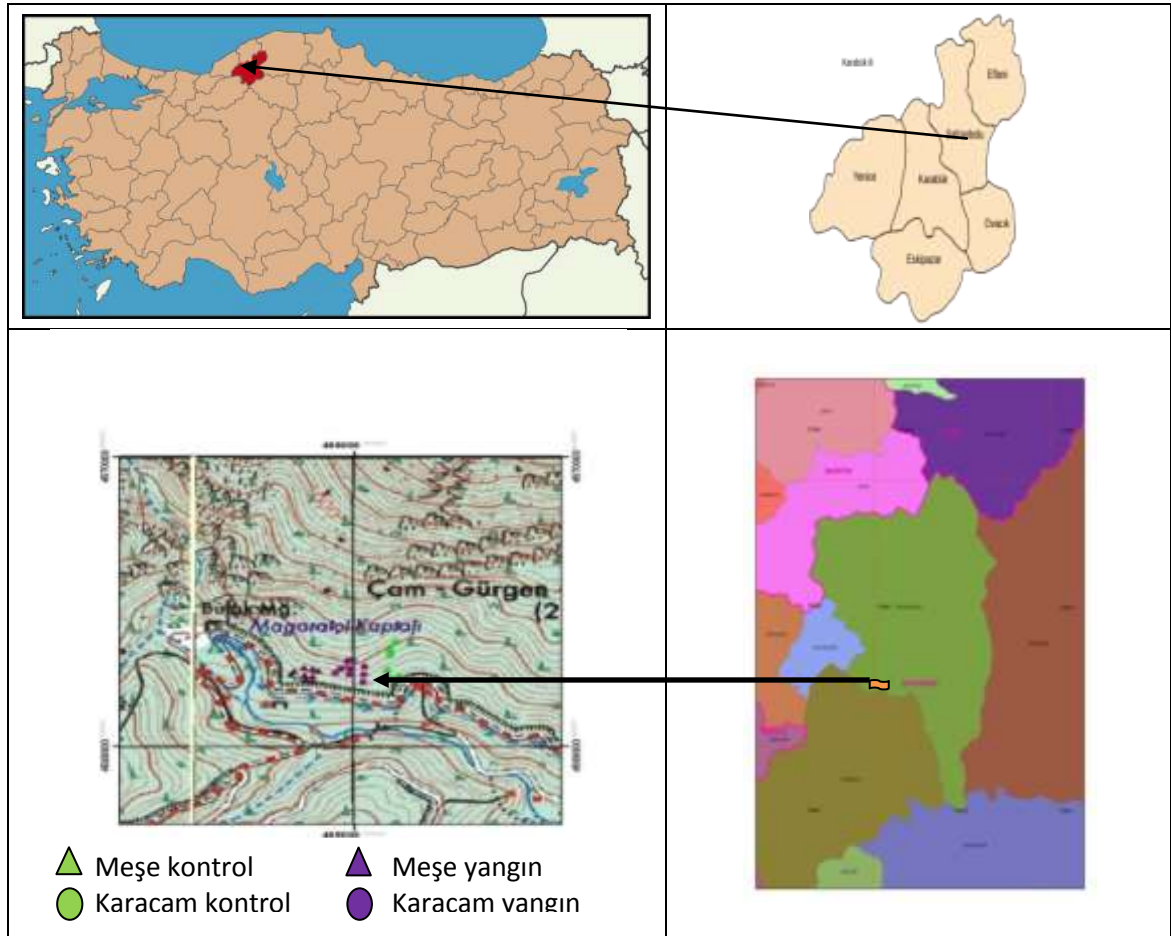
Quercus robur, *Corylus avellana*, *Castanea sativa*, *Betula alba*, *Laurus nobilis*, *Ulmus glabra*, *Salix atrocinerea*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus angustifolia* ve *Alnus glutinosa* türlerinin yanında *Eucalyptus globulus* ve daha az genişlikte *Pinus radiata* trlerininbulunduğu karışık ormanda *Eucalyptus globulus* ve *Quercus robur*'un baskın olduğu bölümde çıkan yangından sonra yapılan bir çalışmada; yangının mikrobiyal biyoktle C'u, solunum, üreaz, glikosidaz ve fosfataz aktivitesi üzerine olumsuz etkisine karşılık bakteriyel aktivite üzerinde olumlu etkisinin gözlendiği bildirilmiştir (Barreiro vd. 2015).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma alanı tanıtımı

Bu çalışma, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Karabük İşletme Müdürlüğü, Safranbolu Şefliği hudutlarında Bulak Mağarası mevkiinde yer alan yükseltisi 720-760 m, güney bakılı 9-10 Ekim 2011' de piknik ateşinin sebep olduğu 5 ha büyüklüğünde yangına maruz kalmış meşe (*Quercus pubescens* Wild.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnld. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) sahası ile yanmamış komşu sahada yürütülmüştür (41° 16' 11" K, 32° 37' 41" D) (Şekil 3.1- 3.3 ve Çizelge 3.1).



Şekil 3.1 Araştırma alanının coğrafi konumu



Şekil 3.2 Çalışma alanı uydu görüntüsü



Şekil 3.3 Sahanın yangından sonra genel görünümü

Çizelge 3.1 Safranbolu iklim verileri (İstasyon rakımı: 353 m)

Uzun Yıllar Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)												
İSTASYON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SAFRANBOLU	2,6	3,9	7,2	11,8	15,9	19,4	22	21,5	18,2	13,7	7,8	4

Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağış (mm)												
İSTASYON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SAFRANBOLU	47,2	33,4	34,2	43,3	48,1	39,3	25,6	21,5	21,8	35,4	41,2	49,3

3.1.2 Deneme deseni ve/veya örnekleme yöntemi

Meşe ve karaçam türlerinde, her türde yanmış bölme kısmında dokuz örnek alan, kontrol sahasında yapı aynı olduğundan her türde üçer alan çevrilerek toprak örnekleri alınmış, iki türde (M, Çk) çevrilen alanların yarısı kadarı rutin müdahalelere ve kalan kısmı da hiçbir müdahale görmeyecek şekilde ayrılmış toprağın bir yıllık zaman zarfında, mevsimsel olarak, fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişim incelemeleri yapılmıştır.

3.1.3 Arazi çalışması

Yangın şiddeti, toprak yüzeyinde mevcut yakıt miktarına, O horizonundaki incelme miktarına ve küllerin beyazlaşıp beyazlaşmamasına göre tahmin edilmiştir (Bentley ve Fenner 1958, Kara ve Bolat, 2009). Sahanın büyük çoğunluğunda siyah külün ve çıplak toprak yüzeyinin hakim olduğu görülmüştür. Buna göre yangının şiddetinin hafif ve orta şiddette olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 3.4 Karaçam yangın örnek alanı

Örnek alanların eğim, yükselti, bakı, yamaç konumu gibi fizyografik özellikleri tespit edilerek, her ağacın (boyu 1,3 m'den uzun) çap ve boyları ölçülmüştür. Örnek alanlarda galip ve yarı galip 3–5 ağaçta artım kalemi ile yaş tespit edilmiş ve 3-5 ağacın ortalama yaşı belirlenmiştir (Kalıpsız 1984). Ayrıca toprak ve anakaya özellikleri tespit edilmiştir.

Profil incelemesi:

SINIFLANDIRMA	: Typic Haplustalf
KOORDİNAT	: 468894 E 4569222 N
YER	: Safranbolu
MEVKİİ	: Bulak mağarası
BİTKİ ÖRTÜSÜ	: Karaçam, Meşe ormanı
JEOMORFOLOJİ	: Yamaç arazi

DENİZDEN YÜKSEKLİK	: 750 m
ARAZİ KULLANIMI	: Orman ve taban bitkisi
EROZYON	: Hafif şiddetli erozyon
TAŞLILIK ve KAYALIK	: Çok taşlı ve kayalık
EĞİM	: Çok dik, sarp ve çok sarp
ANA MATERYAL	: Kireç taşı, Marn
ÇEVREDEKİ ARAZİNİN ŞEKLİ	: Çok eğimli ormanlık yamaç arazi
DRENAJ	: İyi

Araştırma Alanı Topraklarının Sınıflandırılması:

Çalışma alanında profil tanımlamaları, horizon ayrımı, fiziksel ve kimyasal toprak analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda ohrik epipedon ve aridic horizon içermesi nedeniyle topraklar alfisol ordosuna yerleştirilmiştir. Bölgenin geçiş bölgesi olması ve profilde drenaj ile ilgili sıkıntı olmamasından ve yağışlara bakıldığında iç Anadolu ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş bölgesi olmasından dolayı Yağış rejimi Ustic olarak tanımlanan alfisollerin alt gurubu olan Ustalf olarak tanımlanmıştır. Profilde kandik veya natrik horizon tanımlanmaması ve argilik horizon içermesi nedeniyle Haplustalfs, değişiklik göstermemesi nedeniyle ise de Typic Hapluustalfs olarak sınıflandırılmıştır (Anonymous 2014a, b) (Çizelge 3.2-3.3, Şekil 3.5).

Toprak Serilerinin FAO/UNESCO (1988) Sistemine Göre Sınıflandırılması:

Toprakların genellikle eğimi çok yüksek alanların kemer kısmında bulunmasından dolayı Regosol ordosu altında sınıflanmıştır (Anonymous 2014a).

Çizelge 3.2 Toprak serilerinin FAO/UNESCO sistemine göre sınıflandırılması

ORDO	ALT ORDO	BÜYÜK GRUP	ALT GRUP	FAO/UNESCO
ALFİSOL	USTALF	HAPLUSTALF	Typic Haplustalf	Regosol



Şekil 3.4 Toprak profili

Çizelge 3.3 Saha profilinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Saha Profil No	Derinlik cm	FİZİKSEL ANALİZLER				KİMYASAL ANALİZLER						Toplam Ağırlık gr	Taş Ağırlığı gr	Taş Hacmi ml
		Kum %	Toz %	Kil %	TOPRAK TÜRÜ (Uluslar arası Toprak Üçgenine Göre)	pH 1/2,5	Kireç				EC10 ³ 25°C mS/cm			
							Total %							
Ah	0-2	29,41	29,63	40,97	Balçıklı Kil	7,50	10,22	1,17	0,06	15	0,29	1792,13	273,84	110
C1	2-36	37,07	26,95	35,99	Balçıklı Kil	7,60	16,17	1,00	0,05	12	0,36	1546,99	208,59	90
C2	36-46	36,97	21,47	41,56	Balçıklı Kil	7,50	1,60	5,43	0,29	60	0,64	1368,61	171,93	70
C3	46-83	42,36	26,42	31,22	Balçıklı Kil	7,60	22,65	1,09	0,06	8	0,46	1837,79	431,10	180

Toprak örneklemeşi meşe ve karaçam türleri altında, Ekim-2011 (I. dönem), Şubat-2012 (II. dönem), Mayıs-2012 (III. dönem), Eylül-2012 (IV. dönem), Kasım-2012 (V. dönem)' de, 0-7,5 cm (üst derinlik), 7,5-15 cm (alt derinlik) derinlik kademelerinde

yapılmıştır. İlk iki dönem yangın sahası (enkazlı) ve kontrol sahasında, III., IV. ve V. dönemlerde (ilkbaharda yapılan yangın sahasının boşaltma çalışmalarından sonra) enkazı üzerinde bırakılan sahalarda (enkazlı yangın), boşaltma kesimi yapılarak enkazı kaldırılan sahalarda (boşaltılmış yangın) ve kontrol sahalarında yapılmıştır (Şekil 3.6-3.7).



Şekil 3.5 Enkaz kaldırıldıktan sonra sahanın genel görünümü



Şekil 3.6 Sahada enkazlı bırakılan örnek alanlardan ikisi

Alanın homojen dağılan beş - on ayrı yerinden alınan toprak örnekleri karıştırılarak, biyolojik analizler için 200g kadar toprak 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve laboratuvara buz kabıyla taşınarak analize başlanıncaya kadar +4°'de korunmuştur. Ayrıca fiziksel ve kimyasal analizler için de yeterli miktarda toprak örneği alınmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 Çalışma alanının yeryüzü şekli ve bitki örtüsü

Örnek AlanNo	Ağaç Türü	Boy (m)	Çap (cm)	Yaş (Yıllık halka s.)	Eğim (%)	Yükselti (m)
1 (M)(19)	Tüylü Meşe	6	5,41	25	20	720
2 (M)(19)	Tüylü Meşe	8	9,71	29	20	
3 (M)(19)	Tüylü Meşe	12	12,10	32	20	
1 (M)(20)	Tüylü Meşe	6	5,25	26	39	725
2 (M)(20)	Tüylü Meşe	7,5	5,41	26	39	
3 (M)(20)	Tüylü Meşe	10	10,51	29	39	
1 (M)(21)	Tüylü Meşe	6	5,41	25	60	724
2 (M)(21)	Tüylü Meşe	8,5	9,55	26	60	
3 (M)(21)	Tüylü Meşe	9	10,19	28	60	
1 (Çk)(22)	Karaçam	10,5	9,87	36	60	747
2 (Çk)(22)	Karaçam	8,5	8,44	25	60	
3 (Çk)(22)	Karaçam	10	7,64	29	60	
1 (Çk)(23)	Karaçam	8	9,55	28	60	754
2 (Çk)(23)	Karaçam	8	9,24	25	60	
3 (Çk)(23)	Karaçam	8	8,60	24	60	
1 (Çk)(24)	Karaçam	10	8,76	27	30	760
2 (Çk)(24)	Karaçam	10	9,08	25	30	
3 (Çk)(24)	Karaçam	8,5	9,24	26	30	

3.2 Laboratuvar Yöntemleri

Toprağın fiziksel ve kimyasal analizleri için araziden alınıp ayrılan toprak örnekleri hava kurusu hale geldikten sonra öğütülüp 2mm'lik elekten geçirilmiştir. Öğütülen toprakların bir kısmı 105°C'de sabit ağırlığa kadar kurutulduktan sonra tartılıp, nem içerikleri belirlenmiştir. Kalan örneklerde tekstür, organik madde, pH, EC, toplam kireç

(CaCO₃), toplam azot (TN), yarıyışlı fosfor (P₂O₅) analizleri yapılmış ve organik karbon ile C/N oranı hesaplama yoluyla belirlenmiştir.

Tekstür: Hidrometre yöntemi ile (Irmak 1953, Gülçur 1974),

Agregat Stabilitesi: Islak eleme yöntemi ile (Kemper 1965)

Toprak reaksiyonu (pH):1 / 2,5 oranında saf suda (Jackson 1962) saturasyon ekstraktında cam elektrotlu pH metre ile (Richards 1954),

Elektriksel iletkenlik (EC₂₅⁰ C):Conductivity Bridge cihazı kullanılarak suyla doymun toprak ekstraktında kondüktümetrik yönteme göre (Jackson 1962),

Toplam kireç:Scheibler kalsimetresi ile (Gülçur 1974, Tüzüner 1990),

Organik madde:Walkley-Black yaş yakma yöntemiyle (Gülçur 1974),

Organik karbon tayini:Toprak örneklerinde belirlenen olan organik maddeden hesaplama ile,

Alınabilir fosfor:Asit reaksiyonlu topraklarda amonyum florür, alkale reaksiyonlu topraklarda sodyum bikarbonat yöntemine göre Spectronic 20D kolorimetre cihazında (Ülgen ve Ateşalp 1972),

Toplam N:Sömi-Mikro Kjeldahl yöntemine göre (Jackson 1962, Irmak 1953), Kjeltec Auto 1030 cihazında tayin edilmiştir.

Biyolojik analizlerde; mikrobiyal biyokütle karbonu (C_{mic}), toprak mikrobiyal solunumu (CO₂ çıkışı), toprak enzimleri (C, N, P döngüsünde görev alan betaglikosidaz, üreaz ve fosfataz) tayin edilmiş ve C_{mic}/C_{org} oranı tespit edilmiştir.

Toprak Mikrobiyal Solunumu (CO₂ çıkışı) tayini:Höper (2006)'e göre yapılmıştır. Bunun için; 5 gr taze toprak tartılarak karbondioksit şişelerine konulmuştur. Küçük tüplere 2.5 ml 0,05 M NaOH konulmuş ve kavanozların ağzı hava almayacak şekilde kapatılarak şişeler inkübatöre yerleştirilmiştir. İnkübatör içerisinde 25°C'de 4-6 saat inkübasyona terk edilmiştir. Kontrol deneyi olarak 4-5 şişe içerisine toprak konmadan küçük tüplere 2,5 ml 0.05 M NaOH konularak topraklı koşullarda ve aynı sürede inkübasyona terk edilmiştir.100 ml'lik erlenmayerlerin içerisine 5 ml 0,5 M baryum klorit solüsyonu ilave edilmiş ve daha sonra da birkaç damla fenolftaleyn indikatörü eklenmiştir. İnkübasyon sonunda inkübatörden çıkarılan şişelerin içindeki tüplerde bulunan 0.05 M NaOH bir erlenmayer içerisine çok hızlı bir şekilde boşaltılmıştır. Erlenmayer içerisindeki karışım, 0.05 M HCl ile renk pembeden renksiz oluncaya kadar titrasyona tabi tutulmuştur. Titrasyon sonunda harcanan HCl miktarı not edilmiştir.

Toprak mikrobiyal biyokütle karbonu (C_{mic}) tayini: Kloroform fumigasyon-ekstraksiyon metoduna göre (Vance vd. 1987) aşağıda açıklandığı şekilde yapılmıştır.

Toprak örneği elendikten ve homojenize edildikten sonra fırın kuru toprak bazında 50 g'ya eşdeğer bir porsiyonu 25'şer gramlık iki porsiyona ayrılmış ve fümige edilecek örnek cam petriye tartılmıştır(petri kabı fümigasyon boyunca kloroformun etkin bir şekilde toprağa nüfuz edebileceği geniş bir yüzey alanı sağlar). Fümige edilmeyecek olan ikinci 25g'lık porsiyon ise sert plastik kavanoza alınmıştır. Kavanoz ve petrideki örneklerin yüzeyi bir kauçuk tapa yardımıyla hafifçe kompakte edilerek düzleştirilmiştir. Toprağın nemi toplam su tutma kapasitesinin %50'sine getirilmiştir.

Kloroform fümigasyonu için test edilecek toprak örneği sayısına bağlı olarak büyüklüğüne karar verilen basınca dayanıklı, kalın camlı ve vakum bağlantısı olan desikatörler kullanılmıştır. Kloroform buharı insan sağlığına zararlı olduğundan işlemler çekerocak altında yapılmıştır. Önceden yıkanmış ve kurutulmuş desikatörün tabanına birkaç kat nemlendirilmiş kağıt peçete ya da küçük bir ıslak havlu serilmiş ve üzerine içinde saf su bulunan küçük bir cam kap ile yine içinde soda-kireci bulunan bir diğer cam kap konarak desikatörün seramik tablası yerleştirilmiştir. Örnek hazırlığı aşaması süreci bittikten sonra cam petride bulunan toprak örneği ve içinde 25-50 ml etanolsüz

kloroform ve bir kaç kaynama taşı bulunan bir beher toprak örneği ile birlikte dikkatlice desikatöre yerleştirilmiştir. Fümigasyon boyunca kloroform buharı kaybı ve dışarıdan hava girişini önlemek için desikatörün traşlanmış olan ağız kısmı ve kapağına bir miktar vazelin sürülerek desikatör vakum edilmeye başlanmıştır ve kloroformun kaynaması taşların yardımıyla gözle görülene dek devam edilmiştir. Kloroform şiddetli bir şekilde kaynamaya başladıktan sonra 2 dakika daha vakuma devam edilmiş ve sonra desikatör vakum kaynağından ayrılarak karanlık bir oda ya da inkübatör içinde 25 °C’de 24 saat süreyle inkübasyona alınmıştır. 24 saatlik fümigasyon süresi tamamlandıktan sonra desikatörün hava giriş-çıkış vanası yavaşça açılarak kloroform gazının dışarı çıkması sağlanmıştır. Desikatörün kapağı açıklarak kloroform dolu kap dışarı alınmış ve desikatör tekrar kapanarak örneklerdeki alkol kokusu kaybolana dek desikatör en az beş kez vakum edilmiştir.

Fümigasyon sonrasında kloroform etkin bir şekilde uzaklaştırıldıktan sonra fümige edilmiş ve edilmemiş örnekler 250 ml’lik ekstrakt kaplarına aktarılmış ve hemen 100 ml, 0,5 M K₂SO₄ ilave edilerek (toprak:ekstraktant oranı ¼ ,v/w) 30 dakika süreyle, 200 dkdevir⁻¹’de çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Daha sonra toprak-K₂SO₄ süspansiyonu filtre kağıdı (Whatman-42) kullanılarak sıfırın altındaki sıcaklıklara dayanıklı plastik saklama kaplarına süzölmüştür. Kontrol grubu (fümige edilmeyen) örneklerinin K₂SO₄ ekstraksiyonu fumigasyon uygulaması devam ederken gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstraktlar istenilen biyokütle fraksiyonunun kantitatif analiz aşamasına kadar -20 °C’de muhafaza edilmiştir.

Ekstraktlar Shimadzu TOC-L analyzer cihazında okunmuştur. TOC analizi için şu işlemler yapılmıştır;

- 0,5 M K₂SO₄ çözeltisinde 0-300 mg Cl⁻¹ fitalik asit (C₆H₄(COOH)₂) serileri hazırlanmıştır.
- 0,12 N HCl: %37’lik 10 ml HCl saf su ile 1 L’ye tamamlanarak seyreltilmiştir.
- -20°C’de tutulan K₂SO₄ ekstraktları +4°C’de bir gün bekletildikten sonra 1ml fumige edilmiş ve fumige edilmemiş ekstrakt CO₂’in tamamen uzaklaştırılması için 9ml 0,12 N HCl ile asitlendirilmiştir. Asitlendirme TOC analizinden hemen önce yapılmıştır.

- TOC-L cihazının yakma ünitesinin sıcaklığı 680°C'ye, taşıyıcı gaz (N_2+O_2) akış oranı 150 ml min⁻¹'e ayarlanmıştır. Cihaz istenilen sıcaklığa ulaşınca kadar beklenmiştir (30-40 dk.). Enjeksiyon hacmi 250 µl'ye ve herhangi bir kirliliği önlemek için enjeksiyon ünitesi otomatik yıkama sayısı her ölçüm için 4'e ayarlanmıştır (bu ayarlar ile her örnek için ölçüm süresi yaklaşık 5dk'dır). Önce fitalik asit standart çözeltileri ile standart hesap eğrisi hazırlanmış ve örneklerin bu eğriye göre okuması yapılmıştır.

Cmic/Corg tayini: Toprağın mikrobiyal biyokütle karbon değerinin organik karbona bölünmesiyle belirlenmiştir.

Toprak Enzim Aktiviteleri tayini: Toprak β-D Glikosidaz ve Asit Fosfataz Enzim Aktivitesi Naseby ve Lynch, (1997)'in bildirdiği şekilde yapılmıştır; 1.5 g taze toprak örneği asit tampon çözeltisi eklendikten sonra korozer rotar'da 1 saat çalkalanıp, 15 dakika 4000 devrede santrifüj edilerek ekstrakt çıkarılmış ve 1 ml substrat 1 ml asit ekstrakt analiz tüpüne alınmıştır. Ayrıca sadece substrat ilave edilen kontrol tüpü hazırlanmıştır. Üzerine streçle kapatılıp 37 derecede 24 saat inkübe edilmiş ve inkübasyon sonunda örneklerin üzerine 1 ml NaHCO₃ ilave edilmiştir. 15 dakika 4000 devrede santrifüj edilerek spektrofotometrede 400 nm (nanometre) de okumalar yapılmıştır.

Üreaz aktivitesi Hoffman ve Teicher (1961)'e göre analiz edilmiştir. 25 ml toluen, 0.75 ml sitrat tampon (pH, 6.7) and %10'luk 1 ml üre substrat solisyonu 1 g toprağa eklenerek ve topraklar 3 saat 37°C'de inkübe edilmiş ve 578 (nm) spektrofotometrik ölçümü yapılmıştır.

3.3 İstatistiksel Değerlendirme Yöntemleri

Sayısal veriler n, Ortalama ± Standart sapma (Sd) biçiminde verilmiştir. Fiziksel değişkenler (tekstür ve agregat stabilitesi) üç dönem (I-II-III) ortalamalarına göre karşılaştırılmıştır. Sonuçlar; yangının (I. ve II. dönemler), enkazın kaldırılmasının (III-

IV-V. dönemler), dönemin (daima enkazlı sahalar kontrolle karşılaştırılarak), türün (üst-alt toprak derinliklerinde), derinliğin (meşe ve karaçamda) etkisini gösteren istatistiki bulgular ışığında değerlendirilmiştir. Veriler normal dağılım gösterdiğinde tek yönlü varyans analizi, normal dağılım göstermediğinde veya varyanslar homojen olmadığında Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. Kontrol, enkazlı yangın ve boşaltılmış yangın alan grupları arasındaki farklar dağılım normal ve eşit varyanslı olduğunda Duncan testi ile gruplandırılmış, farklı varyans durumunda ise Dunnett T3 testiyle değerlendirilmiştir (Özdamar 2004a). Grupların ayrılmasında etkili olan faktörlerin belirlenmesi için Kanonik Ayırma Analizi (Canonical Discriminant Analysis) uygulanmıştır (Özdamar 2004b).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma sonucu elde edilen bulgular her değişken için ayrı başlık altında yangının, dönemin, derinliğin ve türün etkisi açısından irdelenmiştir.

4.1 Tekstür

Meşede üst toprak derinliğinde (0 - 7,5 cm) kontrol sahasında kum oranı ortalamalarının (% 50,86) yanmış sahalarda önemli ölçüde düştüğü (% 40,40) bulunmuştur ($P<0.001$). Buna karşılık silt ve kil ortalamasında önemli bir artış (silt, % 17,24' ten % 21,55' e; kil, % 31,90' dan % 38,07' ye) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1).

Karaçamda üst toprak derinliğinde yangının tekstür üzerine etkisinin önemli düzeyde olmadığı bulunmuştur. Bununla birlikte kum, silt ve kil oranları sırasıyla kontrol sahasında % 54,33; % 17,23; % 28,44 iken yangın sahalarında % 47, 83; % 18,90; % 33,28 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Meşede alt derinlikte (7,5 -15cm) kontrol sahasında kum oranının ortalama % 45,08' den yangın sahasında % 37,37' ye düştüğü ($P<0,01$), silt oranının % 16,91' den % 22,34' e yükseldiği ($P<0,001$) ve kil oranının da % 38,02 'den % 40,30' a yükseldiği ($P>0,05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Karaçamda yangının üst derinlikte olduğu gibi alt derinlikte de önemli düzeyde tekstürü etkilemediği görülmüştür. Kontrol sahalarında % 50,42; % 16,27; % 33,32 olan kum, silt ve kil oranları yangın sahalarında % 40,41; % 19,49; % 40,11 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Yangın sahalarında kum miktarında genel olarak bir azalma gözlenmiştir. Bu azalma meşede önemli düzeyde karaçamda önemsiz düzeydedir. Yangınla tekstürde bir değişim olmaması (Tavşanoğlu ve Gürkan 2010) veya yangın sonrası yağışlarla kil ve siltin yıkanması neticesinde kum miktarında artış, beklenen bir sonuçtur (Thomas vd. 1999,

Berber vd. 2015). Kastamonu’da yapılan bir çalışmada bu çalışmadaki bulgulara benzer olarak, yanmış genç karaçam meşcereleri topraklarında yaşlı meşcerelere göre kum miktarında azalma, ancak bu çalışma bulgularından farklı olarak da kontrol grubu olarak seçilen genç karaçam meşcerelerine göre genç karaçam yangın alanında kumlulukta artış bulunduğu kaydedilmiştir ve bu sonuç yangın sonrasında yağışlarla silt ve kilin alt tabakalara yıkanmasına bağlanmıştır (Küçük 2006). Yine bizim çalışmamızın sonuçlarıyla paralel olarak Eron ve Gürbüz (1988) çalışmaları kızılçam yangın alanlarında % kum miktarının yanmamış ve hafif derecede yanmış sahalardan orta ve ağır derecede yanmış alanlara doğru tüm derinlikler için giderek azaldığını buna karşılık % kil miktarının arttığını kaydetmişlerdir ancak bu farklılığın açıklanmasının zor olduğunu ifade etmişlerdir. Arazi eğiminin % 65-70’i bulabildiği çalışma sahasımızda karaçamın yer aldığı üstte yakın orta yamaçlarda kum oranındaki azalmanın istatistiksel anlamda önemli olmadığı da dikkate alındığında, üst yamaçtan yüzeysel akışla daha alt yamaçtaki meşe sahasına taşınan silt ve kilin bu bölümde oransal olarak silt ve kil miktarını artırdığı ve bu nedenle % kum miktarının da nispi olarak azaldığı ve sonuçlara kum miktarındaki azalma olarak yansıtıldığı düşünülmektedir.

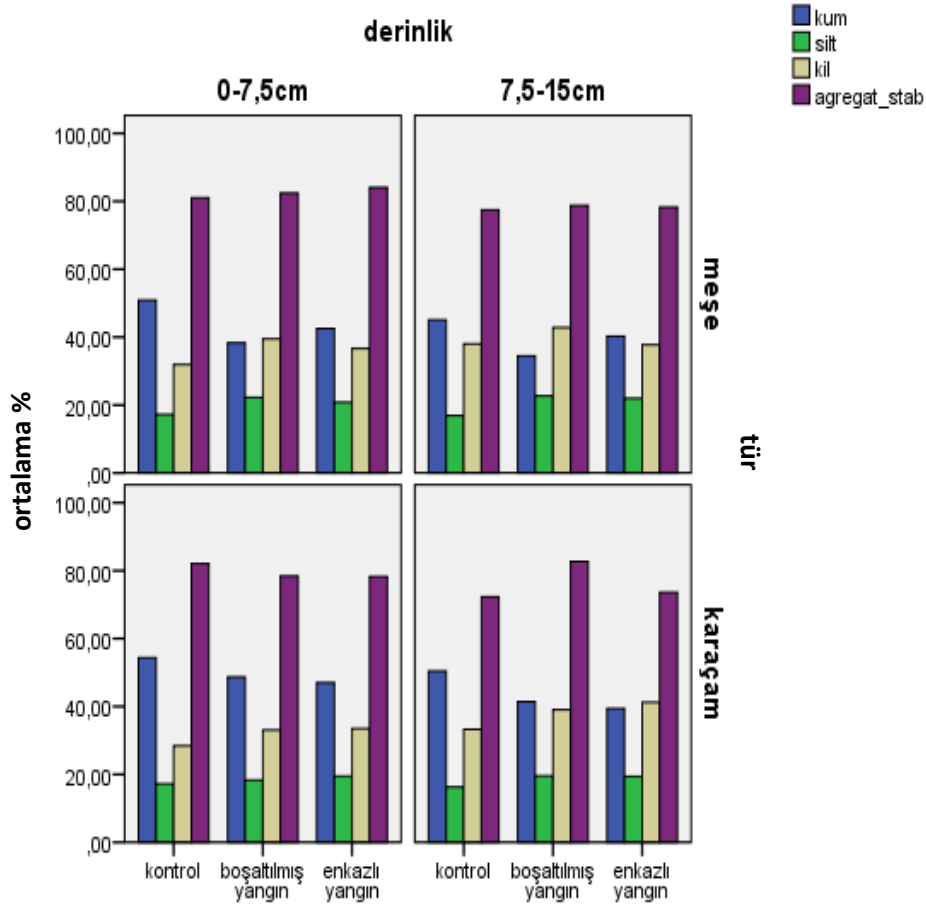
4.2 Agregat Stabilitesi

Yangının agregat stabilitesi üzerine etkisi hem meşe türü hem karaçam türü altı topraklarında her iki derinlikte de önemli düzeyde bulunmamıştır ($P>0,05$). Bununla birlikte meşede üst derinlikte kontrol sahaslarında agregat stabilitesi % 81,03, karaçamda % 82,03, alt derinlikte meşede % 77,46, karaçamda % 72,27; yangın sahaslarında meşede üst derinlikte % 82,24, karaçamda % 78,32, alt derinlikte meşede % 78,53, karaçamda % 78,16 bulunmuştur (Çizelge 4.1- 4.4 ve Şekil 4.1). Martínez-Murillo vd. (2014) da benzer olarak, meşe ve çam karışık ormanında çıkan yangın sonrası yaptıkları çalışmada yanmamış sahalarda % 79,4, yanmış sahalarda % 78,1 olarak buldukları agregat stabilitesi sonuçlarının istatistiksel anlamda önemli düzeyde farklı olmadığını bildirmişlerdir.

Badía vd. (2003) ve Zavala vd. (2010), agregat stabilitesinde laboratuvar veya alan denemelerinde yanma ile organik maddenin yıkımına bağlı azalma olduğunu

bildirmişlerdir. Guerrero vd. (2001) ile Arcenegui vd. (2008) ise yangınla oluşan yüksek sıcaklıklarda toprak mineralojisinin değişmesiyle (Fe ve Al oksihidroksitlerinin kristalleşmesi gibi) agregat stabilitesinin arttığını kaydetmişlerdir.

Bizim çalışmamızda şiddeti düşük olan yangın agregat stabilitesinde bir değişikliğe neden olmamıştır.



Şekil 4.1 Yangın-uygulamanın farklı türlerde tekstür ve agregat stabilitesi üzerine etkisi

Çizelge 4.1 Meşe’de üst derinlik fiziksel toprak özellikleri (ortalama $\pm$ Sd)

Toprak özellikleri	Kontrol (n=9)	Enkazlı (n=9)	Boşaltılmış (n=9)
kum %	50,86 $\pm$ 3,99a	38,29 $\pm$ 3,71c	42,50 $\pm$ 4,04b
silt %	17,24 $\pm$ 1,59b	22,25 $\pm$ 2,73a	20,84 $\pm$ 1,69a
kil %	31,90 $\pm$ 3,07b	39,47 $\pm$ 3,08a	36,66 $\pm$ 3,32a
ag.stab %	81,03 $\pm$ 20,35a	82,44 $\pm$ 19,30a	84,08 $\pm$ 18,52a

p < 0,05 önemlilik düzeyindeki farklılıklar farklı harflerle ifade edilmiştir, ag.stab: agregat stabilitesi

Çizelge 4.2 Karaçam’da üst derinlik fiziksel toprak özellikleri (ortalama $\pm$ Sd)

Toprak özellikleri	Kontrol (n=9)	Enkazlı (n=9)	Boşaltılmış (n=9)
kum %	54,33 $\pm$ 10,47a	48,66 $\pm$ 11,26a	46,98 $\pm$ 8,72a
silt %	17,23 $\pm$ 4,26a	18,29 $\pm$ 6,10a	19,50 $\pm$ 3,34a
kil %	28,44 $\pm$ 6,39a	33,05 $\pm$ 5,64a	33,51 $\pm$ 6,49a
ag.stab %	82,03 $\pm$ 21,30a	78,40 $\pm$ 21,81a	78,24 $\pm$ 19,60a

p < 0,05 önemlilik düzeyindeki farklılıklar farklı harflerle ifade edilmiştir, ag.stab: agregat stabilitesi

Çizelge 4.3 Meşe’de alt derinlik fiziksel toprak özellikleri (ortalama $\pm$ Sd)

Toprak özellikleri	Kontrol (n=9)	Enkazlı (n=9)	Boşaltılmış (n=9)
kum %	45,08 $\pm$ 12,55a	34,47 $\pm$ 3,87b	40,27 $\pm$ 6,87ab
silt %	16,91 $\pm$ 3,23b	22,70 $\pm$ 3,36a	21,97 $\pm$ 1,50a
kil %	38,02 $\pm$ 9,91a	42,84 $\pm$ 2,39a	37,75 $\pm$ 7,31a
ag.stab %	77,46 $\pm$ 23,22a	78,75 $\pm$ 20,15a	78,30 $\pm$ 22,62a

p < 0,05 önemlilik düzeyindeki farklılıklar farklı harflerle ifade edilmiştir, ag.stab: agregat stabilitesi

Çizelge 4.4 Karaçam’da alt derinlik fiziksel toprak özellikleri (ortalama $\pm$ Sd)

Toprak özellikleri	Boşaltılmış		
	Kontrol (n=9)	Enkazlı (n=9)	(n=9)
kum % ns	50,42 $\pm$ 12,36a	41,43 $\pm$ 11,05ab	39,38 $\pm$ 9,18b
silt %	16,27 $\pm$ 4,53a	19,54 $\pm$ 6,22a	19,43 $\pm$ 5,11a
kil %	33,32 $\pm$ 8,44b	39,03 $\pm$ 5,41ab	41,19 $\pm$ 4,31a
ag.stab %	72,27 $\pm$ 20,95a	82,71 $\pm$ 17,1a	73,61 $\pm$ 23,50a

p < 0,05 önemlilik düzeyindeki farklılıklar farklı harflerle ifade edilmiştir, ag.stab: agregat stabilitesi

4.3 Toprak Reaksiyonu (pH)

Meşe ve karaçam üst topraklarında yangın ile toprak reaksiyonunun çok önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir (P < 0,001).

Meşede kontrol sahalarında üst topraklarda pH değerleri ortalama 6,58 bulunurken bu değerlerin enkazlı yangın sahalarında 7,18, boşaltılmış yangın sahalarında 7,44 olduğu tespit edilmiştir. Alt toprakta ise kontrol sahalarında ortalama 6,73 olan pH değerleri enkazlı ve boşaltılmış yangın sahalarında sırasıyla ortalama 7,20 ve 7,42 bulunmuştur.

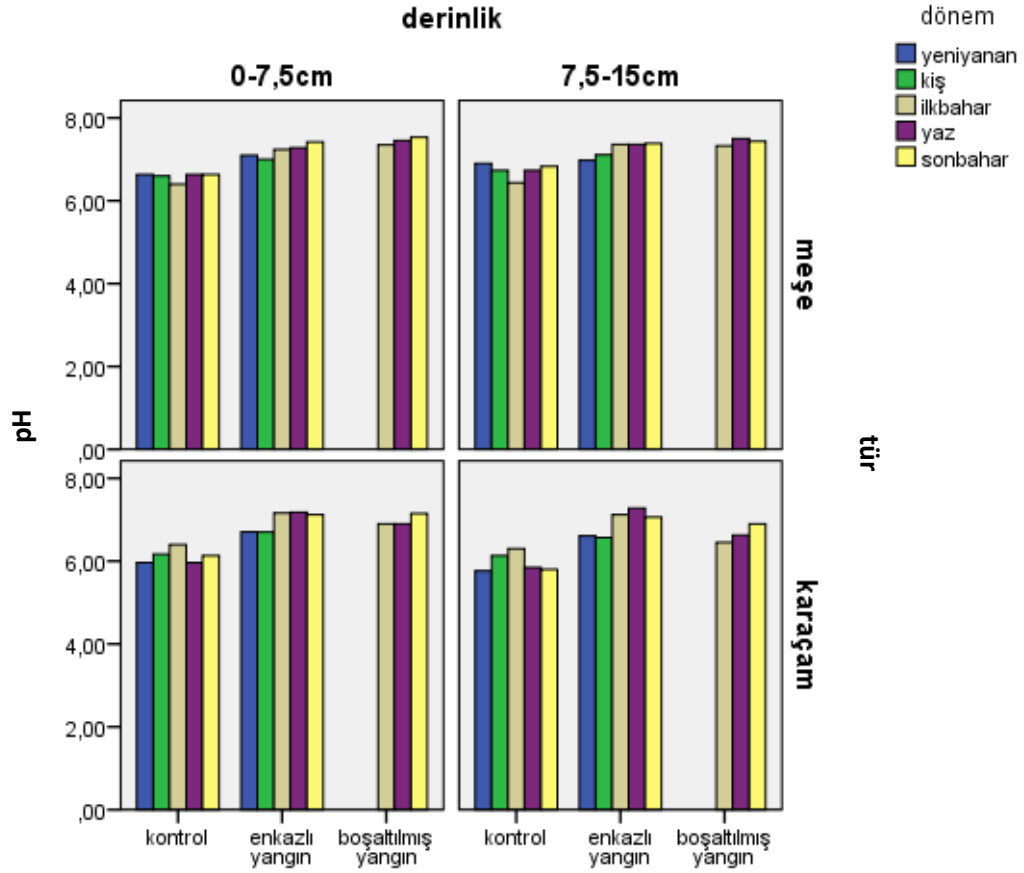
Karaçamda üst topraklarda kontrol sahalarında 6,13, enkazlı yangın sahalarında ortalama 6,91 ve boşaltılmış yangın sahalarında 6,98 bulunan pH değerlerinin alt topraklarda 5,97’den yangın sahalarında enkazlıda 6,85, boşaltılmışta 6,66’ya çıktığı tespit edilmiştir.

Enkazlı bırakılan yangın sahaları ile boşaltılan yangın sahalarında meşe alt, karaçam üst ve karaçam alt topraklarının toprak reaksiyonu bakımından önemli düzeyde farklı olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.20-4.22). Meşe üst topraklarında üç grup da birbirinden önemli düzeyde farklı bulunmuştur (Çizelge 4.19).Yapılan çalışmalar göstermektedir ki yangınla beraber toprak pH’sı artmaktadır (Eron 1977, Eron ve Gürbüz 1988, Neyişçi 1989).Meşede ve karaçamda dönemin pH üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür (P > 0,05).Her iki türde de derinlik

toprak reaksiyonu üzerinde etkili bulunmamıştır ($P > 0,05$). Türlerin pH üzerindeki etkisi $P < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuş, meşe türü altı topraklarında toprak reaksiyonunun önemli düzeyde yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5, Şekil 4.2).

Toprak reaksiyonu, toprağın oluşum ve gelişiminde etkili olan bütün faktörler tarafından etkilenmektedir. Bu faktörler arasında, iklim, mevsim değişiklikleri ve bitki örtüsü orman topraklarının reaksiyonunu etkileyen en önemli faktörler arasında yer almaktadır (Fitzpatrick 1986, Foth 1990, Miller ve Donahue 1990). Bu konuda yapılan çalışmalara baktığımızda, nemli bölgelerdeki toprakların oldukça asidik topraklara sahip olduklarını bunun nedeninin ise yeterli yağışın toprakta bulunan temel katyonları yıkaması (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} ve Na^{+}) ve geriye değişim komplekslerinde baskın olan Al^{+3} ve H^{+} iyonlarını bırakması olarak açıklanmaktadır (Eriksson vd. 1992, Brady ve Weil 1999). Yağışın düşük olduğu yerlerde ise bu söylenenin tersi durum meydana gelmektedir. Sonbaharda, yaprak dökümü ile ayrılan örtünün katyonlarının toprağa ulaşmasının ve vejetasyon faaliyetlerinin yavaşlamasının toprak pH değerlerini yükselttiği, ilkbaharda ise vejetatif faaliyetin başlamasıyla katyonların topraktan alınmasının, kök ve diğer canlıların solunumu sonucu ortaya çıkan CO_2 'in toprakta zayıf asit olan karbonik asit üretiminin toprak pH değerlerini düşürdüğü bildirilmektedir (Bergvist ve Folkeson 1995, Ergene 1997, Kantarcı 2000). Farklı bitki türleri altındaki toprakların pH değerlerinin farklı olması, bitkilerin topraktan katyon alma ve kullanma istekleriyle yakın bir ilişki içindedir (Bergvist ve Folkeson 1995, Barnes vd. 1998, Beier vd. 1998, Brady ve Weil 1999, Kantarcı 2000). Katyon kullanma istekleri fazla olan türlerin ölü örtülerinin ayrışmasıyla toprağa kazandırdığı katyon miktarlarının fazla olması, bu toprakların pH değerini arttırmaktadır. Bitki artıklarının ayrışması ile meydana gelen organik asitler yine toprağın reaksiyonunu kuvvetle etkilemektedir. İğne yapraklı türlerin ölü örtülerinin ayrışmasında (özellikle sarıçam, ladin, karaçam gibi türlerde) asit ürünlerinin meydana geldiği ve toprağı asitleştirdiği bilinmektedir (Barnes vd. 1998, Brady ve Weil 1999, Kantarcı 2000). Buna karşılık, yapraklı türlerden meşelerin pek çoğu ve yaprakları sıkı istiflendiği takdirde kayın dışında, diğer yapraklı türler asit humus oluşturmamaktadırlar (Kantarcı 2000). İğne yapraklı türlerden gelen reçineli ve asitli iğne yaprakların da toprak asitliliğini önemli derecede arttırdığı bilinmektedir (Barnes vd. 1998, Brady ve Weil 1999). Ormanların toprağı

gölgelemesinin mikrobiyolojik ayrışma (humuslaşma) ve ayrışma ürünlerinin türünü etkilediği ve giderek toprak reaksiyonunu dolaylı etkilediği bildirilmekle birlikte bu konuda fazla bir çalışma bulunmamaktadır (Sarıyıldız 2004).



Şekil 4.2 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde pH üzerine etkisi

Çizelge 4.5 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde pH ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	6,63 $\pm$ 0,32	7,1 $\pm$ 0,22	6,98 $\pm$ 0,31	6,9 $\pm$ 0,26	6,98 $\pm$ 0,36		6,96 $\pm$ 0,33	6,77 $\pm$ 0,3	7,04 $\pm$ 0,29		6,97 $\pm$ 0,31	
Karaçam	5,97 $\pm$ 0,32	6,71 $\pm$ 0,35	6,53 $\pm$ 0,47	5,77 $\pm$ 0,50	6,61 $\pm$ 0,40		6,4 $\pm$ 0,55	5,87 $\pm$ 0,39	6,66 $\pm$ 0,37		6,46 $\pm$ 0,51	
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	6,6 $\pm$ 0,26	7 $\pm$ 0,17	6,9 $\pm$ 0,26	6,73 $\pm$ 0,12	7,1 $\pm$ 0,28		7,02 $\pm$ 0,3	6,67 $\pm$ 0,2	7,06 $\pm$ 0,23		6,96 $\pm$ 0,28	
Karaçam	6,17 $\pm$ 0,23	6,7 $\pm$ 0,4	6,57 $\pm$ 0,43	6,13 $\pm$ 0,58	6,57 $\pm$ 0,57		6,46 $\pm$ 0,58	6,15 $\pm$ 0,39	6,63 $\pm$ 0,48		6,51 $\pm$ 0,5	
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	6,4 $\pm$ 0,17	7,24 $\pm$ 0,18	7,35 $\pm$ 0,1	7,07 $\pm$ 0,43	6,43 $\pm$ 0,55	7,36 $\pm$ 0,15	7,33 $\pm$ 0,15	7,12 $\pm$ 0,49	6,42 $\pm$ 0,36	7,3 $\pm$ 0,17	7,34 $\pm$ 0,12	7,09 $\pm$ 0,45
Karaçam	6,4 $\pm$ 0,17	7,16 $\pm$ 0,25	6,9 $\pm$ 0,41	6,88 $\pm$ 0,42	6,3 $\pm$ 0,36	7,12 $\pm$ 0,23	6,45 $\pm$ 0,68	6,69 $\pm$ 0,56	6,35 $\pm$ 0,26	7,14 $\pm$ 0,23	6,68 $\pm$ 0,57	6,79 $\pm$ 0,49
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	6,63 $\pm$ 0,06	7,28 $\pm$ 0,11	7,45 $\pm$ 0,19	7,18 $\pm$ 0,36	6,73 $\pm$ 0,06	7,36 $\pm$ 0,15	7,5 $\pm$ 0,14	7,25 $\pm$ 0,34	6,68 $\pm$ 0,08	7,32 $\pm$ 0,13	7,48 $\pm$ 0,16	7,21 $\pm$ 0,34
Karaçam	5,97 $\pm$ 0,32	7,18 $\pm$ 0,23	6,9 $\pm$ 0,41	6,78 $\pm$ 0,58	5,85 $\pm$ 0,22	7,28 $\pm$ 0,18	6,63 $\pm$ 0,38	6,70 $\pm$ 0,64	5,91 $\pm$ 0,25	7,23 $\pm$ 0,2	6,76 $\pm$ 0,39	6,74 $\pm$ 0,6
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	6,63 $\pm$ 0,12	7,42 $\pm$ 0,16	7,53 $\pm$ 0,15	7,25 $\pm$ 0,4	6,83 $\pm$ 0,06	7,38 $\pm$ 0,13	7,43 $\pm$ 0,12	7,26 $\pm$ 0,28	6,73 $\pm$ 0,14	7,4 $\pm$ 0,14	7,48 $\pm$ 0,13	7,25 $\pm$ 0,34
Karaçam	6,13 $\pm$ 0,15	7,12 $\pm$ 0,38	7,15 $\pm$ 0,17	6,88 $\pm$ 0,52	5,8 $\pm$ 0,17	7,06 $\pm$ 0,3	6,9 $\pm$ 0,47	6,69 $\pm$ 0,63	5,97 $\pm$ 0,23	7,09 $\pm$ 0,32	7,03 $\pm$ 0,35	6,79 $\pm$ 0,57
TOPLAM												
Kontrol (n=15)	Üst derinlik (0-7,5 cm) Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Alt derinlik (7,5-15 cm) Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Toplam Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)	
Meşe	6,58 $\pm$ 0,20	7,18 $\pm$ 0,23	7,44 $\pm$ 0,16	7,08 $\pm$ 0,37	6,73 $\pm$ 0,29	7,20 $\pm$ 0,30	7,42 $\pm$ 0,15	7,12 $\pm$ 0,36	6,65 $\pm$ 0,26	7,19 $\pm$ 0,26	7,43 $\pm$ 0,15	7,10 $\pm$ 0,36
Karaçam	6,13 $\pm$ 0,27	6,91 $\pm$ 0,39	6,98 $\pm$ 0,34	6,73 $\pm$ 0,50	5,97 $\pm$ 0,40	6,85 $\pm$ 0,48	6,66 $\pm$ 0,51	6,59 $\pm$ 0,59	6,05 $\pm$ 0,34	6,88 $\pm$ 0,43	6,82 $\pm$ 0,45	6,66 $\pm$ 0,55

4.4 Elektriksel İletkenlik (EC)

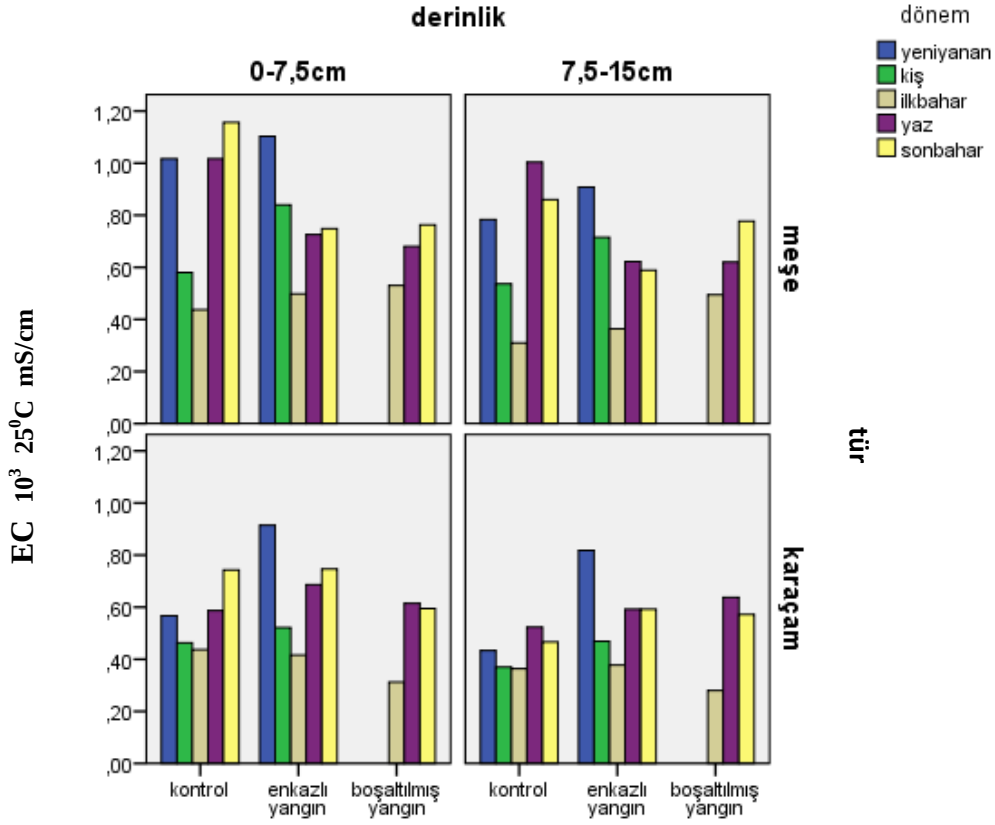
Meşe ve karaçamda yangının elektriksel iletkenlik üzerine etkisi her iki derinlikte de önemsiz düzeyde bulunmuştur ($P > 0,05$). Enkazlı ve boşaltılmış yangın sahaları kendi aralarında ve kontrol sahalarından her iki tür ve derinlikte önemli düzeyde farklı değildir ($P > 0,05$).

Türkiye’de karaçam ormanlarında yapılan bir çalışmada elektiriksel iletkenliğin yangının ardından arttığı bulunmuş ve bu değişimin organik maddenin yanmasıyla açığı çıkan çözünabilir iyonlardaki artıştan kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir (Kara ve Bolat 2008). Nitekim istatistiksel olarak önemli olmamakla beraber bu çalışma sonuçlarına göre de EC değerleri yangın sahalarında kontrol sahalarına göre daha yüksektir. P, K, Ca, Mg gibi bir çok besin elementinin yangınla beraber açığa çıkarak miktarlarının arttığı kaydedilmiştir (Hernandez vd. 1997, Blank ve Zamudio 1998). Bu tez çalışmasında Ca miktarı yangın sahalarında yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.8). EC değerlerinin artışı yukarıda verilen bilgiler ışığında normal görülebilir. Nitekim değerlerin yangından sonraki I, II ve III. dönemde arttığı IV. dönemden itibaren azaldığı görülmektedir. Buna göre IV. dönemden sonra yani on ay sonra yangının EC üzerindeki önemli düzeyde olmayan etkisinin tamamen kaybolduğu söylenebilir.

Örnekleme döneminin hem meşe hem de karaçam topraklarında EC üzerine önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir ($P < 0,001$). En yüksek EC ortalaması yangından hemen sonrası alınan yani I. dönem toprak örneklerinde (meşede 0,98 mS, karaçamda 0,78 mS); en düşük EC ortalaması III. dönem-ilkbahar örneklerinde (meşede 0,44 mS, karaçamda 0,36 mS) bulunmuştur (Çizelge 4.6, Şekil 4.3).

Karaçam topraklarının elektriksel iletkenlikleri üzerine derinliğin etkisi $P < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Kontrol sahalarında üst derinlikte EC ortalaması 0,56 mS iken, enkazlı yangın sahalarında 0,67 mS boşaltılmış yangın sahalarında 0,51 mS bulunmuş, EC sonuçlarının alt topraklarda kontrol, enkazlı yangın ve boşaltılmış yangın sahalarında sırasıyla 0,43 mS, 0,59 mS ve 0,50 mS olduğu tespit edilmiştir.

Ağaç türlerinin EC üzerindeki etkisinin çok önemli düzeyde bulunduğu görülmüştür ($P < 0,001$). Meşe türü altından alınan toprak örneklerinde elektriksel iletkenlik önemli düzeyde yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.6).



Şekil 4.3 Yangın ve uygulamanın farklı dönemlerde EC üzerine etkisi

pH sonuçlarıyla paralellik gösteren bu sonuçlar katyon kullanma istekleri daha fazla olan türlerin ölü örtülerinin ayrışmasıyla toprağa kazandırdıkları katyon miktarlarının da daha fazla olmasıyla açıklanabilir (Sarıyıldız 2004).

Çizelge 4.6 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde EC ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)	Toplam (n=24)			
Meşe	1,02±0,32	1,1±0,09	1,08±0,16	0,78±0,46	0,91±0,14	0,88±0,24	0,9±0,38	1,01±0,15	0,98±0,22			
Karaçam	0,57±0,29	0,91±0,14	0,83±0,23	0,43±0,26	0,82±0,16	0,72±0,25	0,5±0,26	0,87±0,16	0,78±0,24			
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)	Toplam (n=24)			
Meşe	0,58±0,12	0,84±0,19	0,78±0,21	0,54±0,13	0,72±0,20	0,67±0,20	0,56±0,11	0,78±0,20	0,72±0,20			
Karaçam	0,46±0,08	0,52±0,08	0,51±0,08	0,37±0,09	0,47±0,11	0,44±0,11	0,42±0,09	0,50±0,10	0,48±0,10			
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)
Meşe	0,44±0,05	0,50±0,11	0,53±0,04	0,49±0,08	0,31±0,04	0,36±0,05	0,50±0,11	0,39±0,10	0,37±0,08	0,43±0,11	0,51±0,08	0,44±0,10
Karaçam	0,44±0,05	0,42±0,08	0,31±0,07	0,39±0,08	0,36±0,01	0,38±0,10	0,28±0,03	0,34±0,08	0,4±0,05	0,40±0,09	0,30±0,05	0,36±0,08
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)
Meşe	1,02±0,15	0,73±0,14	0,68±0,14	0,78±0,19	1,00±0,19	0,62±0,20	0,62±0,18	0,72±0,25	1,01±0,15	0,67±0,17	0,65±0,15	0,75±0,22
Karaçam	0,59±0,17	0,69±0,17	0,62±0,19	0,64±0,17	0,52±0,09	0,59±0,24	0,64±0,23	0,59±0,20	0,56±0,13	0,64±0,20	0,63±0,19	0,61±0,18
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)
Meşe	1,16±0,24	0,75±0,11	0,76±0,12	0,85±0,23	0,86±0,25	0,59±0,06	0,78±0,18	0,70±0,19	1,01±0,27	0,67±0,12	0,77±0,14	0,78±0,22
Karaçam	0,74±0,06	0,75±0,09	0,60±0,06	0,70±0,10	0,47±0,06	0,60±0,11	0,57±0,10	0,55±0,10	0,61±0,16	0,67±0,13	0,58±0,08	0,62±0,12
TOPLAM												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)
Meşe	0,84±0,34	0,83±0,24	0,65±0,14	0,80±0,26	0,70±0,33	0,68±0,23	0,62±0,18	0,67±0,25	0,77±0,34	0,75±0,24	0,63±0,16	0,73±0,26
Karaçam	0,56±0,18	0,67±0,21	0,51±0,18	0,61±0,21	0,43±0,13	0,59±0,21	0,50±0,21	0,53±0,20	0,50±0,16	0,63±0,22	0,50±0,19	0,57±0,21

4.5 Toplam Kireç (CaCO₃)

Karaçam topraklarında yangının toprağın kireç kapsamı üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Karaçamda üst toprakta en düşük kireç değeri ortalaması % 0,15 ile kontrol sahalarında en yüksek ortalama enkazlı yangın sahasında % 1,78 olarak bulunmuştur (P =0,000) (Çizelge 4.7). Alt topraklarda yine en düşük değerler kontrol sahasında, en yüksek kireç ortalama değerlerinin ise enkazlı yangın sahalarında olduğu tespit edilmiştir (P = 0,000) (Çizelge 4.7).

Enkazlı ve boşaltılmış yangın sahalarının CaCO₃ bakımından önemli düzeyde fark göstermediği, ancak kontrol grubunun her iki türde ve derinlikte de yangın sahalarından önemli düzeyde farklı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.18-4.21). Meşe üst toprakta kireç oranları ortalamaları en düşük kontrol sahalarında % 1,54 iken, boşaltılmış yangın sahalarında % 4,11' e çıkmıştır (P = 0,029) (Çizelge 4.7). Alt topraklarda ise meşe türünde kireç oranları kontrol sahalarında % 1,68' den boşaltılmış yangın sahalarında % 4,53' e çıkmıştır (P = 0,007) (Çizelge 4.7).

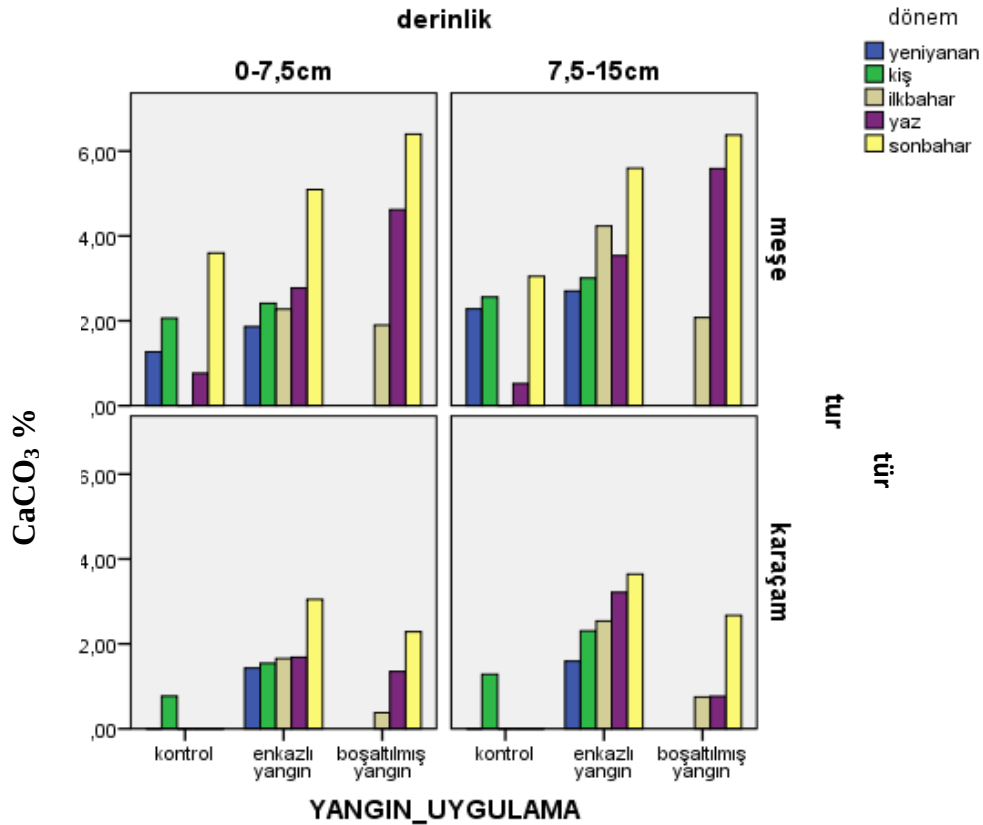
Sonuçlar yangınla beraber toprağın kireç miktarında artış olduğu izlenimini vermektedir. Kireç toprağın mineral kısmında bulunur. Kireç ölçümlerinin, daha fazla organik madde içeren kontrol sahalarını ve organik madde miktarı yanma ile azalan yangın sahalarını temsilen eşit miktarda toprakta yapılmasının, değerlerin bu şekilde yansımaya yol açmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca CaCO₃ yüzdesindeki değişim Ca miktarındaki değişimle paralellik göstermektedir. Goforth vd. (2005) yangından sonra yangın öncesi karbonat içeriği düşük toprak yüzeyindeki külde toprağa karışmak üzere yüksek miktarda CaCO₃ birikimi tespit etmişlerdir.

Çam ve meşe odun külünde bol miktarda Ca bulunduğu, küldeki alkalın oksitlerin zaman içinde CO₂ ve su buharı ile reaksiyona girerek çözünebilir hidroksit ve karbonatları oluşturduğu ifade edilmiştir (Etiegni ve Campell 1991, Ulery vd. 1993).

Goforth vd. (2005), ibreli ağaçların yoğun bulunduğu bölümden alınan küllerde daha üniform alkalin oksitlerin oluştuğunu CaCO_3 oluşumu için alınabilir halde olduğunu belirtmişlerdir.

Örnekleme döneminin toprağın CaCO_3 kapsamı üzerindeki etkisi meşe üst topraklarında önemli düzeydedir. Kireç oranının en yüksek olduğu dönem meşede V. dönem (% 5,10) iken en düşük olduğu dönem III. dönem (% 2,02) olarak bulunmuş; karaçamda etki önemsiz bulunmakla birlikte yine en yüksek oran V. dönem (% 2,22) ve en düşük III. dönemde (% 1,06) tespit edilmiştir (Çizelge 4.7 ve Şekil 4.4).

CaCO_3 tür farklılığından çok önemli düzeyde etkilenmiştir ($P < 0,001$); meşe türü altından alınan toprak örneklerinde (% 3,01) karaçam altından alınanlara (% 1,50) göre önemli ölçüde yüksektir.



Şekil 4.4 Yangın ve uygulamanın CaCO_3 üzerine etkisi

Çizelge 4.7 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde CaCO₃ ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)	Toplam (n=24)			
Meşe	1,27±0,87	1,86±0,95	1,72±0,93	2,28±2,01	2,7±1,01	2,60±1,23	1,78±1,49	2,28±1,04	2,16±1,16			
Karaçam	0,0000	1,43±0,59	1,07±0,82	0,0000	1,59±0,88	1,10±1,04	0,0000	1,51±0,73	1,13±0,92			
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)	Toplam (n=24)			
Meşe	2,06±0,45	2,41±1,25	2,32±1,10	2,56±0,44	3,01±1,56	2,90±1,36	2,31±0,48	2,71±1,41	2,61±1,24			
Karaçam	0,77±0,77	1,54±0,67	1,35±0,74	1,28±0,44	2,30±1,44	2,05±1,33	1,03±0,62	1,92±1,16	1,70±1,11			
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)
Meşe	0,0000	2,27±1,07	1,90±1,33	1,58±1,35	0,0000	4,23±1,82	2,08±0,94	2,46±2,14	0,0000	3,25±1,75	1,99±1,07	2,02±1,81
Karaçam	0,0000	1,65±2,08	0,38±0,75	0,81±1,51	0,0000	2,54±4,08	0,75±1,50	1,31±2,82	0,0000	2,10±3,09	0,56±1,11	1,06±2,23
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)
Meşe	0,77±0,06	2,77±1,93	4,62±2,27	2,88±2,26	0,52±0,45	3,54±2,35	5,58±2,77	3,46±2,85	0,64±0,32	3,16±2,07	5,10±2,39	3,17±2,53
Karaçam	0,0000	1,6860	1,35±0,97	1,15±0,90	0,0000	3,22±1,57	0,76±0,62	1,60±1,77	0,0000	2,45±1,34	1,06±0,81	1,37±1,39
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)
Meşe	3,60±1,15	5,09±2,14	6,40±3,88	5,05±2,48	3,05±0,78	5,60±2,80	6,37±4,21	5,15±2,94	3,32±0,93	5,35±2,39	6,39±3,62	5,10±2,66
Karaçam	0,0000	3,04±1,22	2,29±1,23	2,03±1,60	0,0000	3,64±1,34	2,67±1,81	2,41±1,96	0,0000	3,35±1,25	2,48±1,45	2,22±1,76
TOPLAM												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)
Meşe	1,54±1,40	2,77±1,78	4,11±2,95	2,71±2,10	1,68±1,50	3,64±2,05	4,53±3,16	3,31±2,36	1,61±1,43	3,21±1,95	4,32±2,99	3,01±2,25
Karaçam	0,15±0,43	1,78±1,11	1,34±1,22	1,28±1,21	0,26±0,56	2,49±1,96	1,40±1,58	1,71±1,88	0,21±0,49	2,13±1,62	1,37±1,38	1,50±1,59

4.6 Kalsiyum Miktarı (Ca)

Meşe ve karaçamda üst toprakta ($P < 0,01$) Ca miktarı yangınla beraber önemli düzeyde artış göstermiştir.

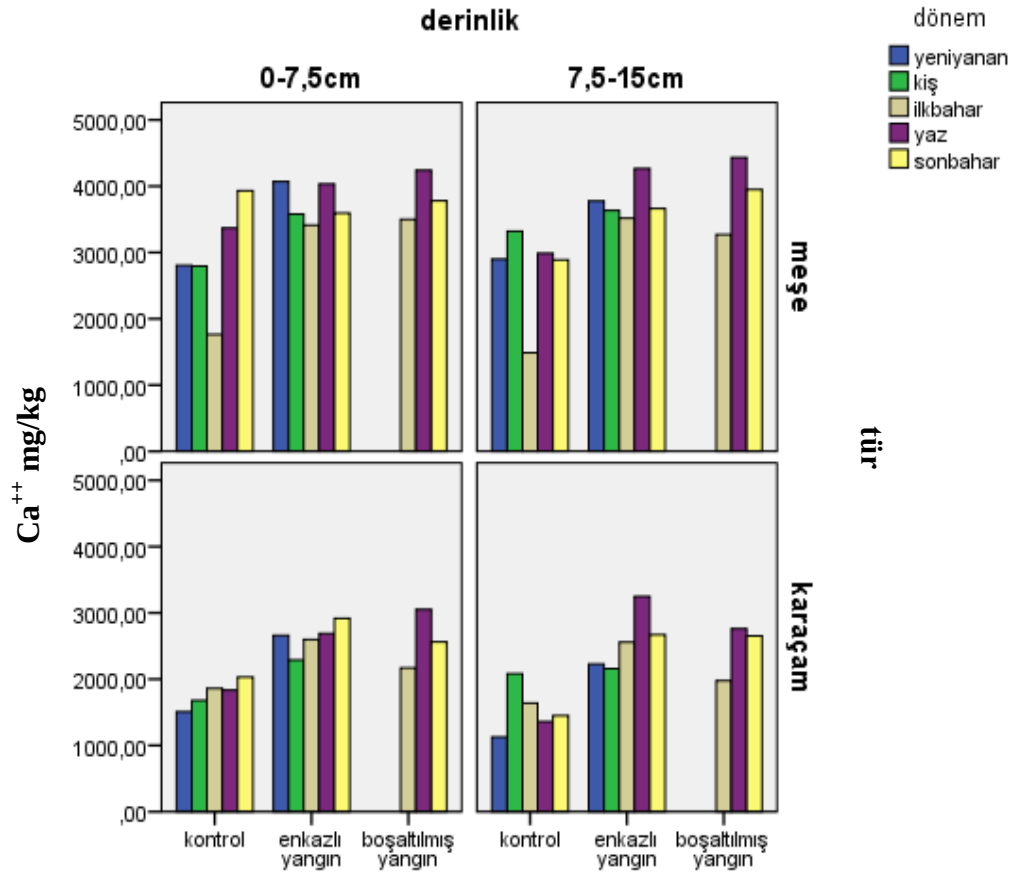
Meşede üst toprakta en düşük değerini kontrol sahasında (2932,13 mg/kg) alan Ca değeri enkazlı yangın sahasında 3754,21 mg/kg'a; alt derinlikte kontrol sahasında 2716,93 mg/kg'den boşaltılmış yangın sahasında 3878,27 mg/kg'e çıkmıştır (Çizelge 4.8).

Karaçamda ise üst toprakta kontrol sahasında 1783,13 mg/kg olan Ca değeri boşaltılmış yangın sahasında 2594 mg/kg'e; alt toprakta kontrol sahasında 1531,47 mg/kg'den enkazlı yangın sahasında 2480,24 mg/kg'e yükselmiştir (Çizelge 4.8).

Enkazlı ve boşaltılmış yangın sahaları arasında CaCO_3 oranında olduğu gibi, Ca miktarı bakımından da önemli düzeyde fark görülmediği, ancak kontrol grubunun her iki türde ve derinlikte de yangın sahalarından önemli düzeyde farklı olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.19- 4.22). Yangınla beraber Ca ortalamalarındaki artış yangınla beraber kireç miktarındaki artış ile paralellik göstermektedir. P, K, Ca, Mg gibi bir çok besin elementinin yangınla beraber açığa çıkarak miktarlarının arttığı kaydedilmiştir (Adams ve Boyle 1980, Khanna ve Raison 1986 1994, Tomkins vd. 1991, Hernandez vd. 1997, Blank ve Zamudio 1998, Ludwig vd. 1998, Simard vd. 2001).

Örnekleme döneminin ve toprak derinliğinin karaçam ve meşede Ca miktarı üzerinde önemli düzeyde etkisinin olmadığı bulunmuştur ($P > 0,05$).

Türlerin Ca miktarı üzerinde de etkisi çok önemli düzeyde bulunmuştur ($P < 0,001$). Meşede ortalama 3541 mg/kg olan Ca miktarı karaçamda ortalama 2315 mg/kg'e düşmektedir (Şekil 4.5). Meşe yaprak ve döküntülerinin N, S, Ca ve Mg gibi besin elementlerince çam türlerine göre daha zengin olması (Woodwell vd. 1975, Klemmedson 1992) bu sonucu doğurmuş olabilir.



Şekil 4.5 Yangın ve uygulamanın Ca üzerine etkisi

Çizelge 4.8 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde Ca ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)			Alt derinlik (7,5-15 cm)			Toplam					
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)	Toplam (n=24)			
M	2806,33 ±750,27	4070,67± 603,97	3754,58 ±833,44	2898,67± 987,36	3777,00 ±319,4	3557,42 ±639,72	2852,50± 785,92	3923,83 ±492,44	3656,00 ±733,54			
Çk	1508,67 ±645,70	2658,22± 809,99	2370,83 ±907,34	1127,33± 746,78	2227,11 ±646,11	1952,17 ±807,71	1318,00± 658,38	2442,67 ±744,57	2161,50 ±866,88			
II. Dönem (Şubat-2012)												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)			Alt derinlik (7,5-15 cm)			Toplam					
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)	Toplam (n=24)			
M	2793,67 ±420,26	3579,44± 516,81	3383,00 ±593,85	3322,33± 1722,6	3631,89 ±469,15	3554,50 ±848,06	3058,00± 1158,2	3605,67 ±479,58	3468,75 ±721,32			
Çk	1680,67 ±398,42	2287,44± 551,46	2135,75 ±570,39	2082,67± 897,56	2157,89 ±680,43	2139,08 ±695,95	1881,67± 658,95	2222,67 ±604,51	2137,42 ±622,29			
III. Dönem (Mayıs-2012)												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam			
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltıl mış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltıl mış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltıl mış (n= 8)	Toplam (n=24)
M	1763,00 ±403,36	3413,60± 534,61	3498,50 ±478,89	3029,25 ±883,50	1487,00± 366,85	3518,60 ±232,54	3269,50 ±434,49	2927,67 ±928,92	1625,00± 376,51	3466,10 ±392,58	3384,00 ±440,65	2978,46 ±888,08
Çk	1859,00 ±106,50	2597,60± 724,30	2168,00 ±521,33	2269,75 ±604,64	1637,33± 296,52	2559,20 ±680,07	1975,25 ±688,59	2134,08 ±687,10	1748,17± 233,34	2578,40 ±662,66	2071,63 ±574,72	2201,92 ±636,74
IV. Dönem (Eylül-2012)												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam			
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltıl mış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltıl mış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltıl mış (n= 8)	Toplam (n=24)
M	3367,33 ±271,89	4032,20± 350,52	4238,50 ±501,21	3934,75 ±502,30	2987,67± 611,53	4265,80 ±410,41	4433,75 ±454,03	4002,25 ±751,10	3177,50± 471,59	4149,00 ±380,30	4336,13 ±454,87	3968,50 ±626,34
Çk	1834,67 ±359,01	2688,8±9 51,51	3051,75 ±	2596,25 ±813,84	1359,33± 387,15	3247±59 8,76	2761,5± 251,20	2613,25 ±891,18	1597±42 3,43	2967,9± 805,16	2906,63 ±405,57	2604,75 ±834,67
V. Dönem (Kasım-2012)												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam			
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltıl mış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltıl mış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltıl mış (n= 8)	Toplam (n=24)
M	3930,33 ±732,44	3593,83± 221,51	3779,33 ±698,64	3724,33 ±479,87	2889,00± 474,46	3661,17 ±184,81	3949,33 ±243,12	3540,17 ±486,30	3409,67± 793,69	3627,50 ±197,65	3864,33 ±477,03	3632,25 ±481,75
Çk	2032,67 ±699,26	2917,60± 1067,65	2562,25 ±158,57	2577,92 ±802,42	1450,67± 756,58	2670,40 ±864,24	2653,75 ±680,50	2359,92 ±895,91	1741,67± 725,37	2794,00 ±924,96	2608,00 ±460,03	2468,92 ±839,18
TOPLAM												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam			
	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltıl mış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltıl mış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltıl mış (n= 22)	Toplam (n=120)
M	2932,13 ±877,83	3754,21± 528,92	3844,18 ±594,17	3565,18 ±732,22	2716,93± 1048,7	3752,03 ±405,08	3878,27 ±635,20	3516,40 ±800,03	2824,53± 956,52	3753,17 ±467,56	3861,23 ±600,46	3540,79 ±764,04
Çk	1783,13 ±453,50	2591,85± 778,87	2594,00 ±543,76	2390,10 ±746,88	1531,47± 648,66	2480,24 ±749,56	2463,56 ±636,36	2239,70 ±806,31	1657,30± 564,61	2536,05 ±760,53	2528,75 ±582,69	2314,90 ±777,57

(M) Meşe; (Çk) Karaçam

4.7 Yarayışlı Fosfor (P₂O₅)

Meşede ve karaçamda P₂O₅ üzerine yangının önemli düzeyde etkili olduğu, yangınla beraber toprağın yarayışlı fosfor düzeylerinin arttığı belirlenmiştir.

Üst topraklarda meşede en yüksek ortalama 47,81 mg/kg ile boşaltılmış yangın sahasında bulunurken karaçamda üst toprakta en yüksek P₂O₅ değerin enkazlı yangın sahasında (31,51 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir. Meşe alt toprakta P₂O₅' in kontrol sahasında 6,6 mg/kg'den boşaltılmış yangın sahasında 30,73 mg/kg'a, karaçamda kontrol sahasında 5,13 mg/kg'dan boşaltılmış yangın sahasında 16,36 mg/kg'a yükseldiğı bulunmuştur.

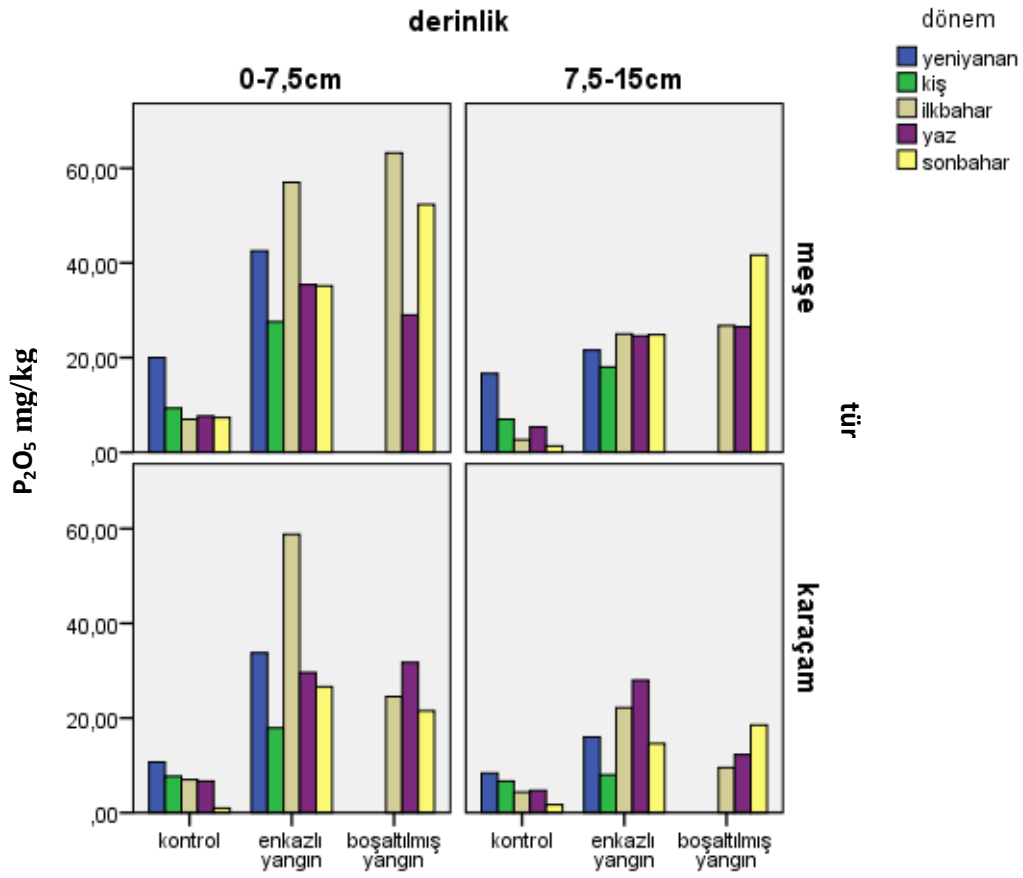
Yangına maruz kalmış topraklarda P₂O₅ düzeylerinde artış kaydedilmiştir (Kutiel ve Shaviv 1992, Boydak vd. 1996, Esquilin vd. 2008, Yıldız 2010). pH' daki artış genellikle demir ve alüminyumda bağı olan fosforu artırır. Yine yanmış toprakta artan mikrobiyal aktivite organik maddede bağı fosforu açığa çıkarır (Fisher and Binkley 2000).

Her iki türde ve derinlikte enkazlı yangın sahaları ile boşaltılmış yangın sahaları arasında fark bulunmazken yangın sahalarının kontrol sahalarından önemli düzeyde farklı olduğu ve daha fazla P₂O₅ içerdii tespit edilmiştir (Çizelge 4.19-4.22).

Örnekleme döneminin toprağın P₂O₅ kapsamı üzerine etkisinin her iki türde de önemli düzeyde bulunmadığı tespit edilmiştir (P > 0,05). Derinliğin ise her iki türde yarayışlı fosfor üzerine önemli düzeyde etkili olduğu bulunmuştur. Üst derinlik örneklerinde ortalama P₂O₅ değlerinin daha yüksek olduğu görölmüştür (Çizelge 4.9, Şekil 4.6).

Ağaç türü toprağın yarayışlı fosfor kapsamı üzerinde çok önemli düzeyde etkili bulunmuştur (P < 0,001). Meşenin hakim olduğu topraklarda P₂O₅ içeriğinin karaçamdan yüksek olduğu görölmüştür (Çizelge 4.9). Meşe türü altındaki topraklarda pH'nın daha yüksek olmasının topraktaki alınabilir fosfor miktarının bu tür altında daha

yoğun olması sonucunu doğurmuş olduğu ayrıcadaha düşük C/N oranına sahip meşe topraklarındaki daha yoğun mikrobiyal etkinliğin de P_2O_5 üretimini desteklediği düşünülmektedir. Organik fosfor bileşiklerinin ayrışmasında ve mineralizasyonunda topraktaki mikroorganizmaların etkisi büyüktür; uygun pH derecelerinde mikroorganizmalar tarafından önemli miktarda organik fosfor bileşiği mineralize edilmektedir (Kantarıcı 2000).



Şekil 4.6 Yangın ve uygulamanın P_2O_5 üzerine etkisi

Çizelge 4.9 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde P₂O₅ ortalamaları (± Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	20±13,08	42,56±11,94	36,92±15,45	16,67±11,59	21,56±10,19		20,33±10,24	18,33±11,20	32,06±15,25		28,63±15,36	
Karaçam	10,67±2,89	33,78±19,70	28±19,83	8,33±0,58	16±7,86		14,08±7,55	9,5±2,26	24,89±17,19		21,04±16,30	
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	9,33±0,58	27,56±9,41	23±11,51	7±1,73	18±10,45		15,25±10,24	8,17±1,72	22,78±10,83		19,13±11,36	
Karaçam	7,67±1,53	17,89±9,10	15,33±9,06	6,67±1,16	8±1,41		7,67±1,44	7,17±1,33	12,94±8,11		11,5±7,45	
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	7±4,36	57±19,39	63,25±2,5	46,58±26,8	2,67±1,53	25±2,35	26,75±8,54	20±11,50	4,83±3,76	41±21,31	45±20,36	33,29±24,32
Karaçam	7±4,36	58,8±18,54	24,5±25,12	34,42±28,4	4,33±0,58	22,2±3,96	9,5±9,15	13,5±9,58	5,67±3,14	40,5±23,06	17±19,25	23,96±23,37
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	7,67±1,16	35,4±8,62	29±9,06	26,33±13,5	5,33±1,53	24,6±10,64	26,5±12,26	20,42±12,89	6,5±1,76	30±10,76	27,75±10,07	23,38±13,30
Karaçam	6,67±0,58	29,6±18,65	31,75±25,5	24,58±20,5	4,67±1,53	28±31,26	12,25±6,13	16,91±21,70	5,67±1,51	28,8±24,28	22±20,11	20,75±21,03
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	7,33±0,58	35,17±7,96	52,33±19,0	32,5±19,45	1,33±0,58	24,83±11,13	41,67±18,90	23,17±18,61	4,33±3,33	30±10,69	47±17,93	27,83±19,22
Karaçam	1±0	26,6±22,50	21,5±8,58	18,5±17,91	1,67±1,16	14,6±12,72	18,5±15,20	12,67±13,01	1,33±0,82	20,6±18,36	20±11,54	15,58±15,60
TOPLAM												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)	
Meşe	10,27±7,3	38,35±14,6	47,81±18	33,07±19,5	6,6±7,19	22,15±9,65	30,73±13,71	19,83±12,88	8,43±7,37	30,25±14,74	39,27±18,13	26,45±17,72
Karaçam	6,6±3,85	31,52±21,02	25,92±19,76	24,17±20,62	5,13±2,50	16,36±14,39	13,42±10,56	12,97±12,52	5,87±3,28	23,94±19,43	19,67±16,76	18,57±17,89

4.8 Organik Madde (OM)

Toprağın organik madde miktarı meşede ve karaçamda her iki derinlikte de yangından önemli düzeyde etkilenmemiştir ($P>0,05$). Enkazlı ve boşaltılmış yangın sahaları ile kontrol sahaları her iki türde ve her iki derinlikte aynı grupta yer almış içerdikleri organik madde bakımından gruplar arasında önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.19-4.22).

Meşede üst derinlikte en fazla kontrol sahasında bulunan organik madde (% 8,32), en düşük boşaltılmış yangın sahasında (% 6,52) bulunmuştur. Karaçamda da değişim aynı yönde olup üst toprak organik madde miktarı kontrol sahasında % 6,40 boşaltılmış yangın sahasında % 5,14 bulunmuştur. Alt toprakta yangınla değişim çok daha az olup meşe toplam organik madde miktarı ortalama % 6,49, karaçamda % 5,18 olarak belirlenmiştir.

Çeşitli çalışmalarda da benzer olarak yangınla beraber organik maddenin azaldığı, sonradan ise tekrar eski seviyesine ulaştığı kaydedilmiştir (Eron 1977, Eron ve Gürbüz 1988, Neyişçi 1989, Boydak vd. 1996).

Boydak vd. (1996)'nin bildirdiğine göre, Toros sediri deneme alanlarında, denetimli yakma işleminden önce (I), yakmanın hemen ardından (II) ve bir yıl geçtikten sonra (III) alınan toprak örneklerine ait analiz sonuçları şöyledir: Denetimli yakma işlemlerinden önce %13,38 olan organik madde miktarı, yakma işleminden sonra bir miktar düşüş göstermiş (%8,85) ama bir yıl sonra denetimli yakma işleminden önceki değere yaklaşık olarak (%13,47) ulaşmıştır.

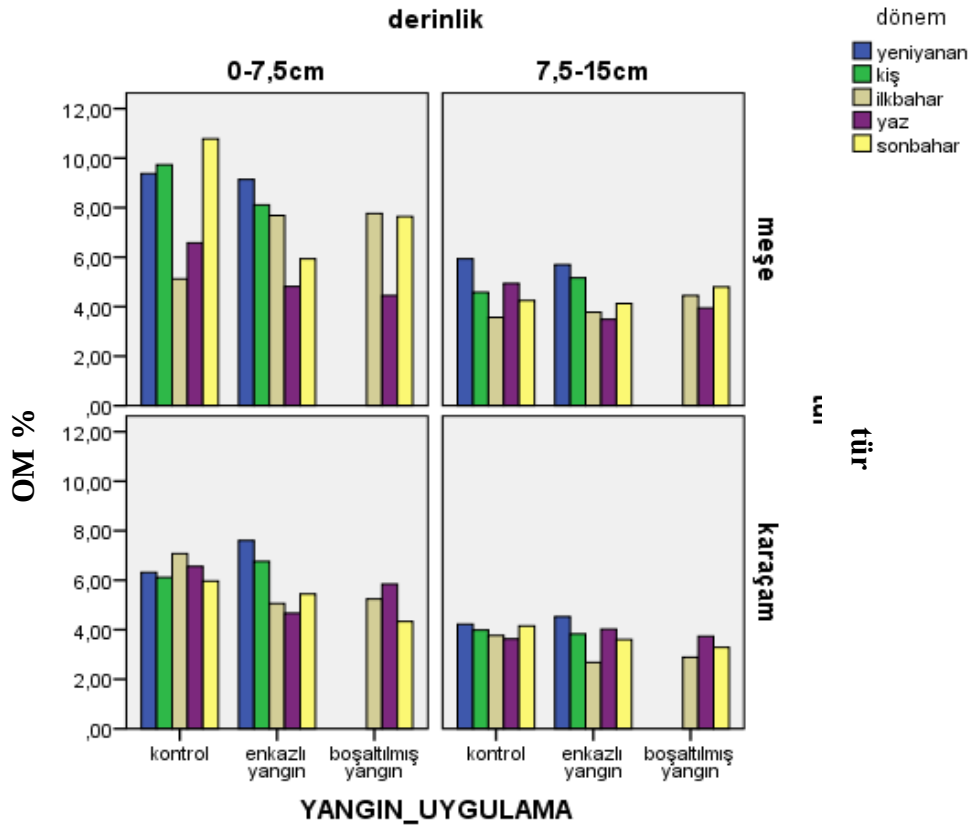
Meşede ve karaçamda sadece üst derinlikte örnekleme döneminin toprağın organik madde kapsamı üzerine etkisinin önemli düzeyde olduğu görülmüştür.

Yangın sonrası alınan I. dönem toprak örneklerinde organik madde ortalaması % 7,48, II. dönemde % 6,77, III. dönemde % 5,51, IV. dönemde % 4,57 ve yangının üzerinden

bir yıl geçtiği V. dönemde % 5,95 bulunmuştur. Organik madde miktarının en yüksek seviyesi yangının ardından alınan topraklarda gözlenmiştir (Çizelge 4.10, Şekil 4.7).

Toprak derinliği her iki türde de organik madde düzeyini önemli ölçüde etkilemiştir. Üst topraklarda meşede ortalama % 7,50 olan organik madde miktarı alt topraklarda ortalama % 4,61'e düşmüştür. Karaçamda ise üst topraklarda organik madde miktarı ortalama % 6,04 iken alt topraklarda % 3,76 olduğu görülmüştür.

Türler arasında ise toprak organik madde içeriği bakımından çok önemli düzeyde fark bulunmuştur. Meşe topraklarında organik madde içeriğinin daha fazla olduğu görülmüştür (Çizelge 4.10). Özellikle iğne yaprakların ayrışarak içindeki besin maddelerinden bitkinin faydalanabileceği humuslaşmayı meydana getirebilmeleri çok uzun zaman aldığı (Çepel 1975) düşünüldüğünde bu beklenen bir sonuçtur.



Şekil 4.7 Yangın ve uygulamanın OM üzerine etkisi

Bursa Kestel’de ölü örtü yangınının toprak özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada yangının organik madde miktarı üzerine etkisinin önemli olmadığı ancak toprak organik maddesinin derinlik ve dönemden önemli düzeyde etkilendiği bulunmuştur (Berber vd. 2015).

4.9 Toplam Azot (TN)

Hem meşede hem karaçamda yangın ve dönemin toprağın toplam azot kapsamı üzerine etkisinin önemli düzeyde olmadığı görülmüştür ($P>0,05$). Enkazlı yangın, boşaltılmış yangın ve kontrol sahalarının her üçü de farklı türlerde ve derinliklerde aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.19-4.22).

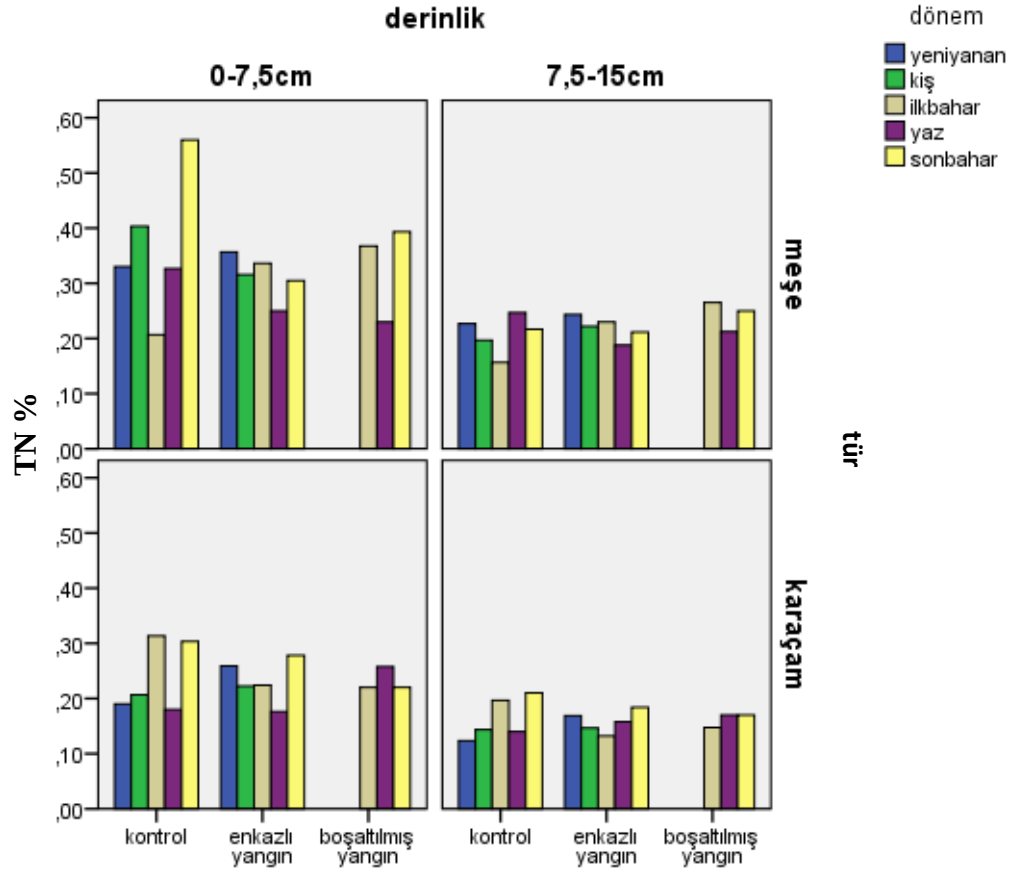
Ortalamalara bakıldığında yangınla beraber azot miktarında artış olduğu görülmektedir. Bazı araştırmalar yangından sonra azotun arttığını göstermiştir ve bunun ana nedeni sıcak toprağın humus mineralizasyonunu artırmasıyla nitrifikasyonun yangından sonra artmasına bağlanmaktadır (Çepel 1975). Toros sediri deneme alanlarında, toprak örneklerine ait analiz sonuçlarına göre toplam N miktarı yakma işleminden önceki değerlerden (%0,63), yakma işleminden hemen sonra daha yüksek (%0,92) bulunmuş, bir yıl sonra yaklaşık yakma öncesi değere (%0,61) yeniden kavuşmuştur (Boydak ve vd. 1996).

Toprak derinliğinin toplam N kapsamı üzerine etkisi çok önemli bulunmuştur ($P<0,001$). Toplam azot meşede üst topraklarda ortalama % 0,33 iken alt topraklarda % 0,22 düzeyine düşmüştür. Karaçamda ise TN üst topraklarda % 0,24, alt topraklarda % 0,16 bulunmuştur.

Toplam azot içeriği bakımından iki tür önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($P < 0,001$). Karaçam türü topraklarında azot içeriği meşeden düşük bulunmuştur (Çizelge 4.11 ve Şekil 4.8). Meşe ve çam türleri yaprak N içeriklerindeki farklılık meşe topraklarında bu farkı oluşturmuş olabilir. Nitekim meşe döküntülerinde bir çok besin elementi yanında N içeriğinin de yüksek olduğu bildirilmiştir (Woodwell vd. 1975, Klemmedson 1992).

Çizelge 4.10 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde OM ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	9,37 $\pm$ 2,76	9,14 $\pm$ 2,38	9,20 $\pm$ 2,35	5,93 $\pm$ 3,35	5,70 $\pm$ 1,52		5,75 $\pm$ 1,93	7,65 $\pm$ 3,33	7,42 $\pm$ 2,62		7,48 $\pm$ 2,74	
Karaçam	6,32 $\pm$ 1,65	7,61 $\pm$ 1,63	7,28 $\pm$ 1,66	4,22 $\pm$ 2,57	4,52 $\pm$ 0,93		4,45 $\pm$ 1,36	5,27 $\pm$ 2,25	6,07 $\pm$ 2,04		5,86 $\pm$ 2,08	
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	9,73 $\pm$ 0,99	8,11 $\pm$ 1,99	8,52 $\pm$ 1,90	4,58 $\pm$ 1,60	5,16 $\pm$ 1,64		5,02 $\pm$ 1,58	7,16 $\pm$ 3,06	6,64 $\pm$ 2,33		6,77 $\pm$ 2,47	
Karaçam	6,12 $\pm$ 2,06	6,76 $\pm$ 1,91	6,60 $\pm$ 1,87	3,98 $\pm$ 0,51	3,83 $\pm$ 0,84		3,87 $\pm$ 0,75	5,05 $\pm$ 1,78	5,30 $\pm$ 2,08		5,23 $\pm$ 1,97	
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	5,12 $\pm$ 0,97	7,68 $\pm$ 2,85	7,75 $\pm$ 1,08	7,07 $\pm$ 2,20	3,57 $\pm$ 0,25	3,77 $\pm$ 0,62	4,44 $\pm$ 1,62	3,95 $\pm$ 1,00	4,34 $\pm$ 1,06	5,73 $\pm$ 2,83	6,10 $\pm$ 2,18	5,51 $\pm$ 2,31
Karaçam	7,07 $\pm$ 1,30	5,06 $\pm$ 1,77	5,24 $\pm$ 0,76	5,62 $\pm$ 1,54	3,77 $\pm$ 1,21	2,68 $\pm$ 0,44	2,89 $\pm$ 0,75	3,02 $\pm$ 0,84	5,42 $\pm$ 2,13	3,87 $\pm$ 1,75	4,07 $\pm$ 1,44	4,32 $\pm$ 1,80
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	6,58 $\pm$ 1,33	4,81 $\pm$ 1,71	4,45 $\pm$ 2,15	5,13 $\pm$ 1,85	4,93 $\pm$ 1,95	3,49 $\pm$ 1,61	3,95 $\pm$ 0,95	4,00 $\pm$ 1,50	5,76 $\pm$ 1,74	4,15 $\pm$ 1,71	4,20 $\pm$ 1,56	4,57 $\pm$ 1,75
Karaçam	6,56 $\pm$ 1,40	4,66 $\pm$ 1,44	5,85 $\pm$ 2,28	5,53 $\pm$ 1,79	3,63 $\pm$ 0,58	4,02 $\pm$ 2,08	3,74 $\pm$ 1,51	3,83 $\pm$ 1,51	5,09 $\pm$ 1,87	4,34 $\pm$ 1,72	4,79 $\pm$ 2,11	4,68 $\pm$ 1,84
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	10,78 $\pm$ 2,32	5,93 $\pm$ 0,49	7,64 $\pm$ 3,23	7,57 $\pm$ 2,69	4,25 $\pm$ 1,36	4,12 $\pm$ 1,27	4,79 $\pm$ 1,82	4,32 $\pm$ 1,32	7,51 $\pm$ 3,96	5,03 $\pm$ 1,32	6,22 $\pm$ 2,82	5,95 $\pm$ 2,66
Karaçam	5,96 $\pm$ 1,50	5,44 $\pm$ 2,06	4,33 $\pm$ 1,39	5,20 $\pm$ 1,72	4,15 $\pm$ 1,49	3,6 $\pm$ 0,98	3,29 $\pm$ 0,69	3,64 $\pm$ 0,99	5,06 $\pm$ 1,66	4,52 $\pm$ 1,81	3,81 $\pm$ 1,16	4,42 $\pm$ 1,59
TOPLAM												
Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)	
Meşe	8,32 $\pm$ 2,68	7,45 $\pm$ 2,47	6,52 $\pm$ 2,55	7,50 $\pm$ 2,56	4,65 $\pm$ 1,85	4,67 $\pm$ 1,60	4,36 $\pm$ 1,36	4,61 $\pm$ 1,61	6,49 $\pm$ 2,93	6,06 $\pm$ 2,49	5,44 $\pm$ 2,28	6,05 $\pm$ 2,58
Karaçam	6,40 $\pm$ 1,41	6,22 $\pm$ 2,02	5,14 $\pm$ 1,59	6,05 $\pm$ 1,83	3,95 $\pm$ 1,27	3,84 $\pm$ 1,20	3,31 $\pm$ 1,02	3,76 $\pm$ 1,19	5,18 $\pm$ 1,82	5,03 $\pm$ 2,03	4,22 $\pm$ 1,61	4,90 $\pm$ 1,92



Şekil 4.8 Yangın ve uygulamanın TN üzerine etkisi

Çizelge 4.11 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde TN ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	0,33±0,09	0,36±0,15	0,35±0,13	0,23±0,11	0,24±0,14		0,24±0,13	0,28±0,11	0,3±0,15		0,30±0,14	
Karaçam	0,19±0,06	0,26±0,05	0,24±0,06	0,12±0,04	0,17±0,03		0,16±0,04	0,16±0,06	0,21±0,06		0,20±0,07	
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	0,40±0,06	0,32±0,07	0,34±0,08	0,20±0,05	0,22±0,06		0,22±0,06	0,3±0,12	0,27±0,08		0,28±0,09	
Karaçam	0,21±0,06	0,22±0,06	0,22±0,06	0,14±0,01	0,15±0,04		0,15±0,03	0,18±0,05	0,18±0,06		0,18±0,06	
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	0,21±0,03	0,34±0,05	0,37±0,05	0,31±0,08	0,16±0,03	0,23±0,04	0,27±0,06	0,22±0,06	0,18±0,04	0,28±0,07	0,32±0,07	0,27±0,08
Karaçam	0,31±0,05	0,22±0,07	0,22±0,04	0,25±0,07	0,20±0,04	0,13±0,03	0,15±0,03	0,15±0,04	0,26±0,08	0,18±0,07	0,18±0,05	0,20±0,07
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	0,33±0,03	0,25±0,08	0,23±0,04	0,26±0,07	0,25±0,06	0,19±0,11	0,21±0,05	0,21±0,08	0,29±0,06	0,22±0,10	0,22±0,05	0,24±0,08
Karaçam	0,18±0,03	0,18±0,04	0,26±0,08	0,20±0,06	0,14±0,02	0,16±0,04	0,17±0,04	0,16±0,03	0,16±0,03	0,17±0,04	0,21±0,08	0,18±0,06
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	0,56±0,13	0,31±0,03	0,39±0,17	0,39±0,14	0,22±0,07	0,21±0,07	0,25±0,10	0,22±0,07	0,39±0,21	0,26±0,07	0,32±0,15	0,31±0,14
Karaçam	0,30±0,08	0,28±0,11	0,22±0,08	0,27±0,09	0,21±0,08	0,18±0,05	0,17±0,03	0,19±0,05	0,26±0,09	0,23±0,09	0,20±0,06	0,23±0,08
TOPLAM												
Kontrol (n=15)	Üst derinlik (0-7,5 cm) Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Alt derinlik (7,5-15 cm) Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)	
Meşe	0,37±0,14	0,32±0,09	0,33±0,11	0,33±0,11	0,21±0,07	0,22±0,09	0,24±0,07	0,22±0,08	0,29±0,13	0,27±0,10	0,28±0,10	0,28±0,11
Karaçam	0,24±0,08	0,23±0,07	0,23±0,06	0,24±0,07	0,16±0,05	0,16±0,04	0,16±0,03	0,16±0,04	0,20±0,08	0,20±0,07	0,20±0,06	0,20±0,07

4.10 Karbon-Azot Oranı (C/N)

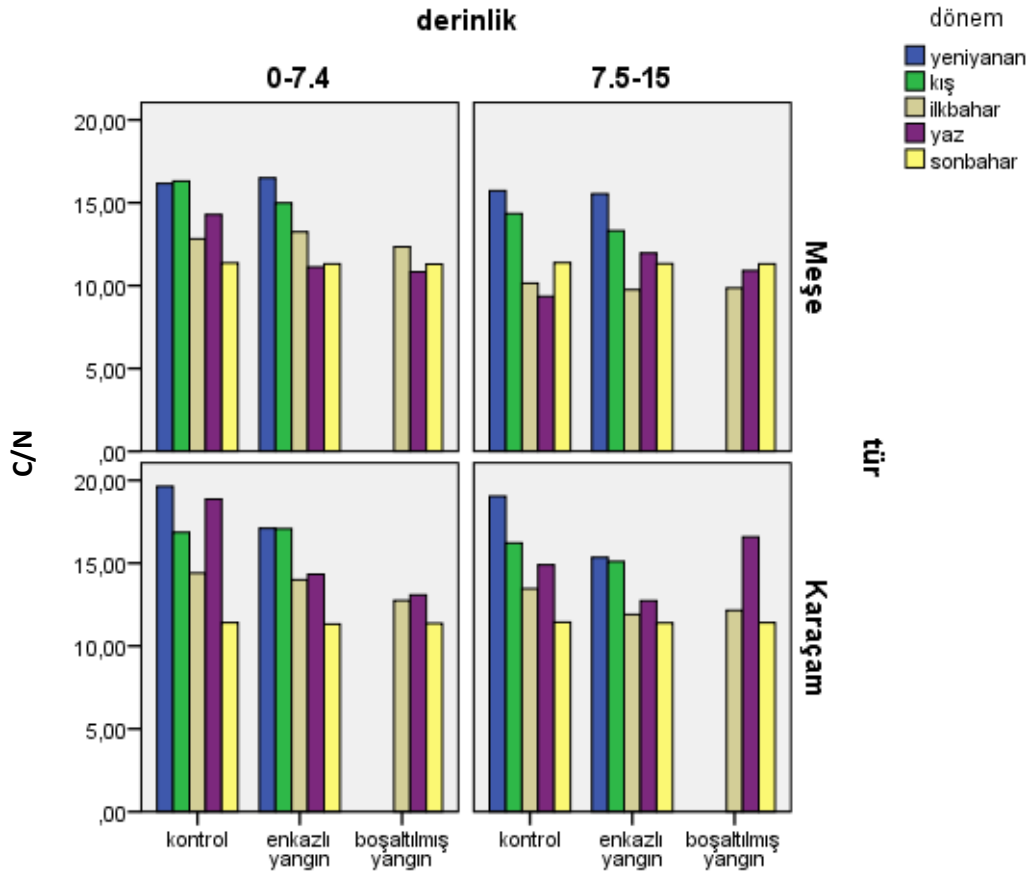
Meşe ve karaçam topraklarında her iki derinlikte de yangının C/N üzerinde etkisinin önemli olmadığı bulunmuştur ($P > 0,05$). Ancak yangının etkisi önemsiz bulunmakla birlikte karaçam topraklarında yangın sahalarında daha düşük bulunmuştur.

Enkazlı, boşaltılmış yangın sahaları ile kontrol sahaları arasında her iki tür de önemli düzeyde fark belirlenmemiştir. Her iki türde de en düşük miktar boşaltılmış yangın sahalarında tespit edilmiştir. Kantarcı (2000)'nın bildirdiğine göre; $C/N > 30$ olduğunda ayrışma çok yavaş, $15 < C/N < 25$ olduğunda ayrışma devam etmekte, $C/N < 15$ olduğunda ise ayrışma ve mineralizasyon çok hızlıdır. Çizelge 4.12'ye bakıldığında meşede II. dönemden, karaçamda III. dönemden itibaren tüm sahalarda ayrışmanın çok hızlı olduğu ancak boşaltılmış sahalarda daha da hızlı olduğu anlaşılmaktadır.

Örnekleme dönemi her iki tür topraklarında da C/N oranı üzerine önemli düzeyde etkili bulunmuştur ($P < 0,001$). Meşede en yüksek ortalama 15,89 olarak I. dönemde, en düşük ortalamalar 11,32 olarak IV. ve V. dönemlerde tespit edilmiştir. Karaçamda ise C/N oranı yine I. dönemde en yüksek (17,11) değerini almış ve V. dönemde en düşük değerini (11,40) göstermiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.9).

Derinliğin meşe topraklarında C/N oranını önemli düzeyde etkilemediği ($P > 0,05$) karaçamda ise $P = 0,048$ önem düzeyinde etkilediği görülmüştür.

C/N oranı meşe türü altı topraklarında karaçam türü altı topraklarından önemli düzeyde düşük bulunmuştur (Çizelge 4.12). Kutiel ve Navah (1987)'in çam ve meşe topraklarında yangının etkisini inceledikleri çalışmada benzer olarak C/N oranlarının karaçamdan meşeye doğru düşüş gösterdiği bildirilmiş ve bunun meşe topraklarında azotun bitkiler için daha yararlı olduğu anlamına geldiği belirtilmiştir. Bu tez çalışmasından elde edilen bulgulara göre meşe türünde toprak N içeriğinin çam türünden önemli düzeyde yüksek olmasının C/N oranını meşe topraklarında azalttığı düşünülmektedir.



Şekil 4.9 Yangın ve uygulamanın C/N oranı üzerine etkisi

C/N oranının istatistiksel anlamda önemli olmasa da yangına maruz kalmış topraklarda daha düşük olduğu görülmüştür, bu oranın düşmesi azot mineralizasyonunun artması anlamına gelir.

Dengeli ve sürekli bir ayrışma için C/N oranının yaklaşık 15-25 arasında olması idealdir ve mineralizasyon ile bitki beslenmesi arasındaki denge bakımından arzu edilir. İlk iki dönem C/N oranının daha yüksek değerleri organik madde miktarında döneme bağlı değişimle paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.12 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde C/N ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	16,4 $\pm$ 0,42	16,49 $\pm$ 6,06	16,47 $\pm$ 5,17	14,64 $\pm$ 2,96	15,52 $\pm$ 4,99		15,31 $\pm$ 4,46	15,52 $\pm$ 2,12	16,01 $\pm$ 5,41		15,89 $\pm$ 4,76	
Karaçam	19,63 $\pm$ 1,11	17,02 $\pm$ 2,26	17,67 $\pm$ 2,31	19,03 $\pm$ 5,24	15,71 $\pm$ 0,89		16,54 $\pm$ 2,80	19,33 $\pm$ 3,40	16,36 $\pm$ 1,80		17,11 $\pm$ 2,58	
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	14,19 $\pm$ 2,08	14,98 $\pm$ 1,32	14,79 $\pm$ 1,48	13,37 $\pm$ 1,63	13,31 $\pm$ 1,63		13,33 $\pm$ 1,55	13,78 $\pm$ 1,73	14,15 $\pm$ 1,67		14,06 $\pm$ 1,66	
Karaçam	16,86 $\pm$ 1,05	17,79 $\pm$	17,56 $\pm$ 2,01	16,22 $\pm$ 0,86	15,42 $\pm$ 1,55		15,62 $\pm$ 1,42	16,54 $\pm$ 0,93	16,61 $\pm$ 2,23		16,59 $\pm$ 1,97	
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	14,40 $\pm$ 0,48	13,24 $\pm$ 4,56	12,35 $\pm$ 1,66	13,23 $\pm$ 3,00	13,47 $\pm$ 2,35	9,75 $\pm$ 1,19	9,86 $\pm$ 2,55	10,72 $\pm$ 2,46	13,94 $\pm$ 1,60	11,50 $\pm$ 3,64	11,1 $\pm$ 2,40	11,98 $\pm$ 1,91
Karaçam	13,14 $\pm$ 1,11	12,97 $\pm$ 0,93	13,80 $\pm$ 1,21	13,29 $\pm$ 1,04	10,83 $\pm$ 1,98	12,19 $\pm$ 3,04	11,30 $\pm$ 1,69	11,55 $\pm$ 2,28	11,98 $\pm$ 1,91	12,58 $\pm$ 2,16	12,55 $\pm$ 1,91	12,42 $\pm$ 1,95
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	11,66 $\pm$ 1,66	11,12 $\pm$ 1,31	10,83 $\pm$ 3,61	11,16 $\pm$ 2,19	11,43 $\pm$ 3,35	11,97 $\pm$ 3,79	10,90 $\pm$ 0,40	11,48 $\pm$ 2,75	11,54 $\pm$ 2,37	11,55 $\pm$ 2,71	10,87 $\pm$ 2,38	11,32 $\pm$ 2,44
Karaçam	22,17 $\pm$ 8,23	15,80 $\pm$ 4,90	13,20 $\pm$ 1,97	16,53 $\pm$ 5,92	14,89 $\pm$ 1,12	14,88 $\pm$ 6,77	12,32 $\pm$ 2,45	14,03 $\pm$ 4,49	18,53 $\pm$ 6,59	15,34 $\pm$ 5,59	12,76 $\pm$ 2,11	15,28 $\pm$ 5,29
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	11,24 $\pm$ 0,10	11,31 $\pm$ 0,04	11,29 $\pm$ 0,08	11,29 $\pm$ 0,07	11,4 $\pm$ 0,05	11,33 $\pm$ 0,04	11,30 $\pm$ 0,07	11,34 $\pm$ 0,06	11,32 $\pm$ 0,11	11,32 $\pm$ 0,04	11,30 $\pm$ 0,07	11,32 $\pm$ 0,07
Karaçam	11,41 $\pm$ 0,06	11,38 $\pm$ 0,08	11,39 $\pm$ 0,03	11,39 $\pm$ 0,06	11,43 $\pm$ 0,08	11,41 $\pm$ 0,06	11,38 $\pm$ 0,02	11,40 $\pm$ 0,06	11,42 $\pm$ 0,07	11,40 $\pm$ 0,07	11,38 $\pm$ 0,02	11,40 $\pm$ 0,06
TOPLAM												
Kontrol (n=15)	Üst derinlik (0-7,5 cm) Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Alt derinlik (7,5-15 cm) Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)	
Meşe	13,58 $\pm$ 2,23	13,91 $\pm$ 4,08	11,51 $\pm$ 2,29	13,39 $\pm$ 3,49	12,86 $\pm$ 2,40	12,83 $\pm$ 3,55	10,63 $\pm$ 1,55	12,43 $\pm$ 3,09	13,22 $\pm$ 2,30	13,37 $\pm$ 3,84	11,07 $\pm$ 1,96	12,91 $\pm$ 3,32
Karaçam	16,64 $\pm$ 5,21	15,58 $\pm$ 3,38	12,79 $\pm$ 1,61	15,29 $\pm$ 3,86	14,48 $\pm$ 3,84	14,32 $\pm$ 3,27	11,67 $\pm$ 1,63	13,83 $\pm$ 3,31	15,56 $\pm$ 4,63	14,95 $\pm$ 3,36	12,23 $\pm$ 1,69	14,56 $\pm$ 3,66

4.11 Mikrobiyal Solunum-Karbondioksit (CO₂) Çıkışı

Yangının meşe türü topraklarında CO₂ çıkışı üzerine etkisinin önemsiz düzeyde kaldığı bulunmuştur ($P > 0,05$). Karaçamda ise bu etki $P=0,02$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Yangının hemen ardından alınan topraklarda her iki türde ve derinlikte yangınla birlikte solunumda artış belirlenmiştir. II. dönemde de yangın topraklarında CO₂ çıkışı yüksek bulunmuştur. Enkazın kaldırılmasının CO₂ çıkışını önemli düzeyde etkilemediği görülmüştür ($P > 0,05$).

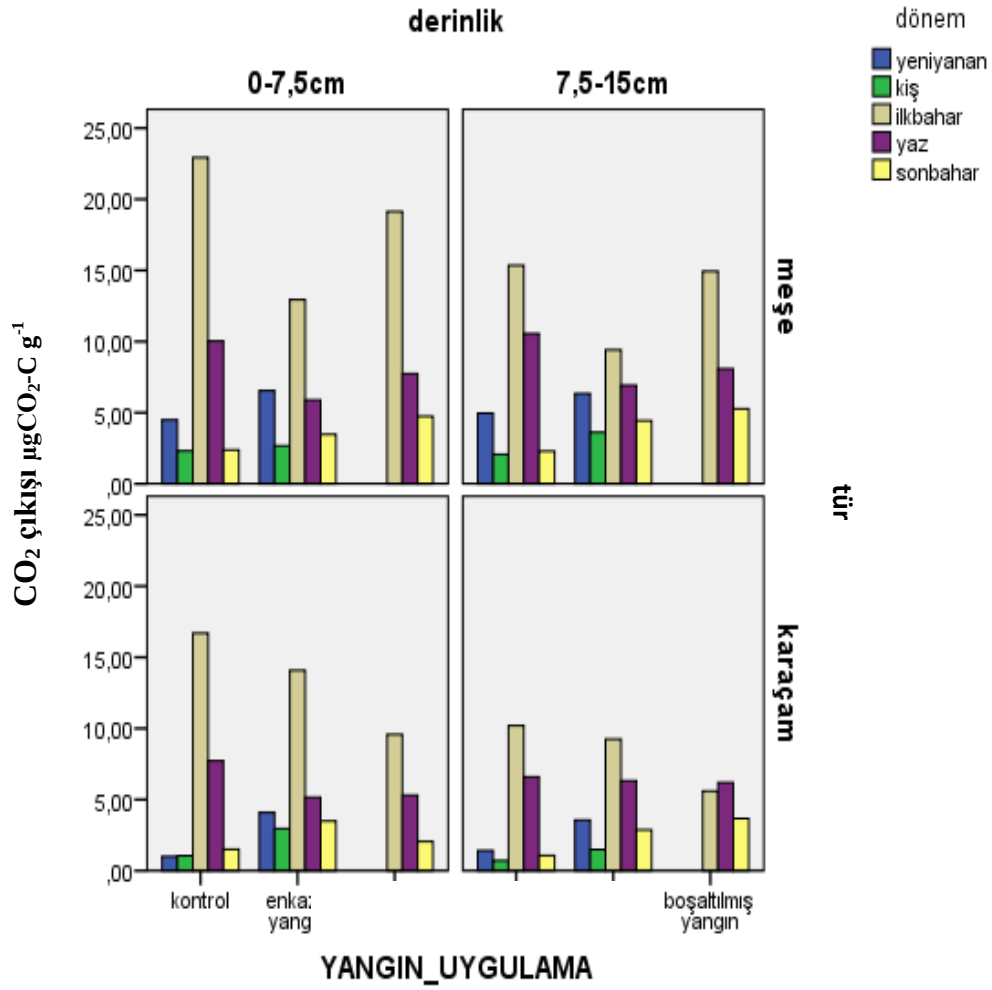
Örnekleme dönemi her iki türde üst ve alt topraklarda CO₂ çıkışını önemli düzeyde etkilemiştir. Ilkbahara denk gelen III. dönem toprak örneklerinde en üst seviyesine çıkmıştır (meşede 15,12; karaçamda 10,76). Bu döneme kadar CO₂ çıkışı yangın topraklarında yüksek iken bu dönemden itibaren kontrol sahalarındaki solunum düzeyi daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.13, Şekil 4.10).

Düşük ve orta şiddetli yangın sonrası artan toprak sıcaklığına bağlı olarak mikrobiyal etkinliğin yangın sahalarında daha yüksek olması muhtemeldir. Nitekim bir sonraki bölümde incelenecek mikrobiyal biyokütle karbon ölçüm sonuçlarının da ilk iki dönem CO₂ çıkış sonuçlarıyla paralel seyrettiği tespit edilmiştir. CO₂ çıkışındaki değişimin bahar mevsimiyle toprağın da ısınmasıyla beraber kontrol sahaları lehine geliştiği ve çok önemli düzeyde bütün alanlarda artış gösterdiği gözlenmiştir.

Genç karaçam meşcerelerinde yangının toprak solunumu üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, sıcaklıkla birlikte toprak solunumunda bir artış gözlenmiştir. Yanmış alanlardaki solunum miktarı kontrol alanına oranla daha fazla bulunmuştur (Küçük 2006).

Toprak derinliği CO₂ çıkışı üzerinde etkili bulunmamıştır ($P>0,05$). Enkazın kaldırılmasının mikrobiyal solunum üzerindeki etkisi de önemsiz düzeyde olduğu üç grup arasında önemli bir fark olmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.19-4.22).

Ağaç türü CO₂ çıkışı üzerinde önemli düzeyde etkili bulunmuştur. Meşe türü topraklarında CO₂ çıkışının yüksek olduğu belirlenmiştir. Meşe altındaki daha yüksek pH düzeyi ve daha düşük C/N oranına bağlı mikrobiyal etkinlikteki artış nedeniyle CO₂ çıkışının daha yüksek olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.10 Yangın ve uygulamanın CO₂ çıkışı üzerine etkisi

Çizelge 4.13 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde CO₂ ortalamaları (± Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	4,50±1,99	6,55±2,03	6,04±2,14	4,99±3,17	6,35±1,33		6,00±1,87	4,73±2,39	6,45±1,67		6,02±1,97	
Karaçam	1,00±0,46	4,08±2,87	3,31±2,83	1,43±0,64	3,56±2,65		3,03±2,47	1,21±0,55	3,82±2,69		3,17±2,60	
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	2,31±0,78	2,67±0,64	2,58±0,66	2,08±0,99	3,61±3,25		3,23±2,89	2,19±0,81	3,14±2,33		2,91±2,08	
Karaçam	1,06±0,03	2,96±2,20	2,49±2,07	0,72±0,34	1,50±0,52		1,30±0,58	0,89±0,29	2,23±1,73		1,90±1,60	
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	22,93±6,29	12,94±1,59	19,13±12,40	17,50±8,28	15,36±6,79	9,42±2,14	14,93±3,78	12,74±4,75	19,14±7,18	11,18±2,57	17,03±8,78	15,12±7,03
Karaçam	16,69±4,96	14,09±3,53	9,58±3,70	13,24±4,60	10,20±5,58	9,26±3,24	5,60±1,69	8,27±3,78	13,45±5,91	11,67±4,08	7,59±3,41	10,76±4,84
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	10,03±2,12	5,89±1,07	7,74±2,03	7,54±2,31	10,55±2,17	6,92±1,15	8,08±1,19	8,22±1,99	10,29±1,94	6,40±1,18	7,91±1,55	7,88±2,14
Karaçam	7,73±1,74	5,17±0,92	5,31±1,79	5,85±1,74	6,59±1,72	6,32±2,76	6,20±2,08	6,35±2,12	7,16±1,67	5,74±2,03	5,75±1,86	6,10±1,91
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	2,39±1,06	3,48±0,66	4,75±2,48	3,53±1,51	2,29±0,76	4,43±0,68	5,27±0,67	4,11±1,31	2,34±0,83	3,96±0,81	5,01±1,65	3,82±1,42
Karaçam	1,52±0,70	3,48±2,19	2,05±1,18	2,51±1,73	1,08±0,19	2,88±1,83	3,67±1,47	2,69±1,70	1,30±0,52	3,18±1,93	2,86±1,51	2,60±1,68
TOPLAM												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)	
Meşe	8,43±8,48	5,83±3,62	11,07±9,54	7,44±6,64	7,05±6,12	5,82±2,77	6,46±4,76	6,86±4,39	7,74±7,30	5,82±3,20	10,44±7,39	7,15±5,61
Karaçam	5,60±6,63	5,37±4,48	5,65±3,92	5,48±4,92	4,00±4,49	4,18±3,41	5,16±1,95	4,33±3,46	4,80±5,62	4,77±3,99	5,40±3,04	4,91±4,27

4.12 Mikrobiyal Biyokütle Karbonu (C_{mic})

Meşe alt ve üst derinlik toprakları ile karaçam alt topraklarında C_{mic} üzerine yangının etkisinin önemsiz düzeyde olduğu belirlenmiştir ($P > 0,05$). Karaçam üst topraklarında ise $P < 0,05$ düzeyinde yangın C_{mic} üzerinde etkili olmuş, yangınla mikrobiyal biyokütle karbonunun arttığı görülmüştür (Çizelge 4.14). Enkazın kaldırılmasının etkisine bakıldığında enkazlı, boşaltılmış yangın ve kontrol sahası arasında fark bulunmamıştır (Çizelge 4.19-4.22).

Yapay ve doğal yangınların her ikisinin de zarar görmemiş doğal ve hasat yapılmış alanlara kıyaslandığında mikrobiyal biyokütlede bir azalmaya sebep olduğu gözlenmiştir (Peitikanin ve Fritze 1993, Prieto-Fernandez vd. 1998). Hernandez vd. Akdeniz çam ormanında yangının kısa dönemli etkilerini inceledikleri çalışmalarında; bütün yanmış sahaların toplam organik C, humik asitler, suda çözünabilir C, toplam ve suda çözülebilir karbonhidratları genelde yanmamış topraklardan daha az içerdiklerini bulmuşlardır (Hernandez vd. 1996).

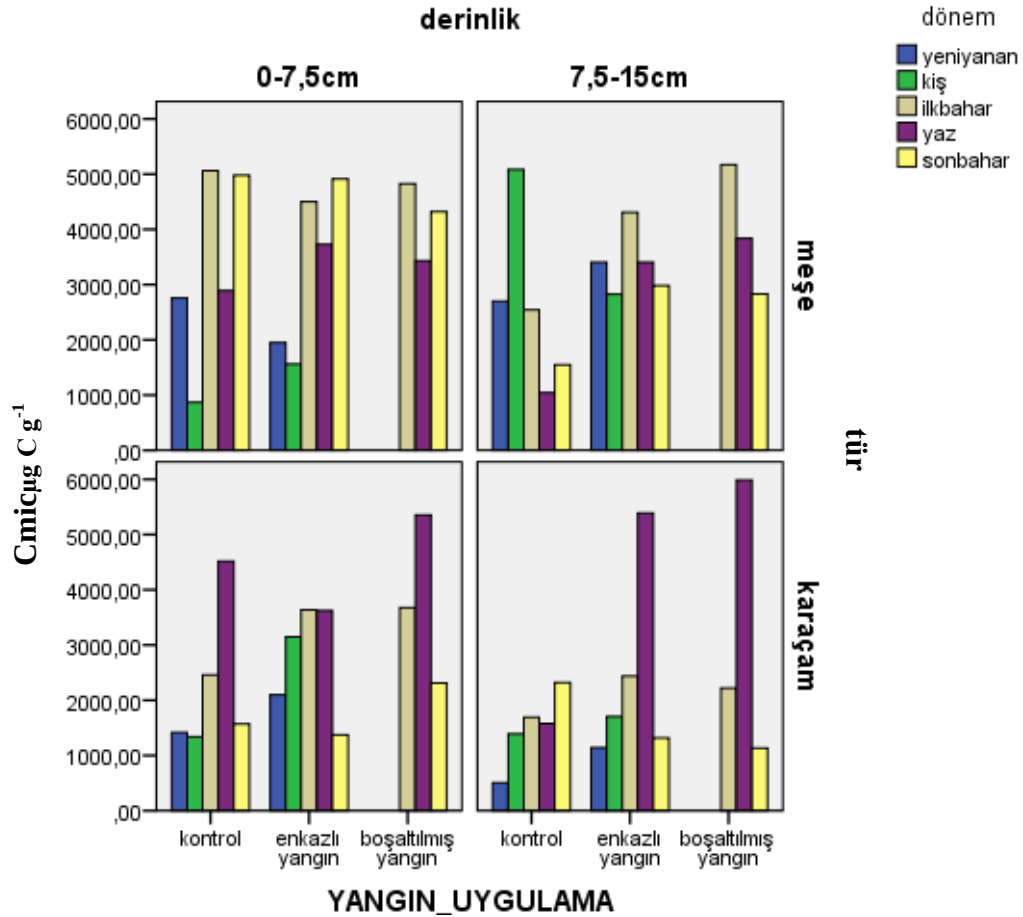
Turgay vd.(2002) Endonezya’da arazi kullanım değişikliklerinin toprak biyokütlesi üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, iki yıl önce yanarak yerini çalı örtüsüne bırakmış bir orman toprağında kısa dönemde mikrobiyal biyokütlenin arttığını ve bunun sahadaki ayrıştırılabilir kök ve bitki kalıntılarının varlığına bağlı olabileceğini belirtmişlerdir.

Türkiye’nin karaçam plantasyonları topraklarında doğal yangının mikrobiyal biyokütle ve çokluğu üzerine kısa dönemli etkisinin incelendiği çalışmada ise, toprak organik C içeriğinin yangının ardından arttığı belirtilmiş, mikrobiyal biyokütle C ve N’unun yanmış alanlardan alınan topraklarda, yanmamış komşu alanlara göre önemli farklılıklar göstermediği belirtilmiştir (Kara ve Bolat 2008).

Örnekleme dönemi meşe üst toprakta ve karaçam topraklarında önemli düzeyde C_{mic} üzerine etkili bulunmuştur. III. dönemde her iki türde ve derinlikte önemli düzeyde artış

belirlenmiş Cmic meşe alanlarda en yüksek seviyesine ilkbaharda (III) (4451,5) karaçamda ise yaz dönemi (IV) (4529,1) örneklerinde ulaşmıştır (Şekil 4.11). Mikrobiyal aktivite için ideal koşulların yakalandığı bahar ve yaz döneminde Cmic seviyelerinin yüksek olduğu gözlenmiştir.

Toprak derinliği meşe türünde Cmic üzerine etkili bulunmazken karaçamda derinlik Cmic 'yi önemli düzeyde etkilemiş, üst derinlikte fazla olduğu bulunmuştur. Meşe türü Cmic değerleri karaçam topraklarından önemli düzeyde yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.14). Bu sonuç CO₂ çıkışı ile paralellik göstermektedir.



Şekil 4.11 Yangın ve uygulamanın Cmic üzerine etkisi

Çizelge 4.14 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde Cmic ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)			Alt derinlik (7,5-15 cm)			Toplam					
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)	Toplam (n=24)			
M	2756,8 ±732,9	1950,7 ±1336	2152,2 ±1236	2700,7 ±1026	3406,7 ±708,1	3230,2 ±811,1	2728,8 ±797,9	2678,7 ±1279	2691,2 ±1162			
Çk	1415,7 ±821,4	2097,1 ±966,7	1926,8 ±947,3	507,0 ±190,3	1142,0 ±538,3	983,3 ±547,5	961,4 ±729,5	1619,6 ±904,2	1455,0 ±897,1			
II. Dönem (Şubat-2012)												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)			Alt derinlik (7,5-15 cm)			Toplam					
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)	Toplam (n=24)			
M	867,1 ±171,3	1563,5 ±510,5	1389,4 ±542,3	5082,8 ±693,7	2825,5 ±1758	3389,8 ±1838	2974,9 ±2353	2194,5 ±1414	2389,6 ±1673			
Çk	1339,9 ±518,8	3147,1 ±1193	2695,3 ±1324	1390,7 ±1783	1705,5 ±766,2	1626,8 ±1012	1365,3 ±1174	2426,3 ±1223	2161,0 ±1275			
III. Dönem (Mayıs-2012)												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam			
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)
M	5061,9 ±2504	4498,4 ±443,4	4826,1 ±1906	4748,5 ±1503	2543,5 ±1186	4308,8 ±2906	5169,6 ±1885	4154,4 ±2322	3802,7 ±2230	4403,6 ±1962	4997,9 ±1764	4451,5 ±1937
Çk	2458,9 ±1087	3635,9 ±1576	3675,8 ±811,6	3354,9 ±1261	1693,3 ±549,4	2438,5 ±791,1	2217,9 ±786,9	2178,7 ±739,5	2076,1 ±877,3	3037,2 ±1334	2946,9 ±1074	2766,8 ±1176
IV. Dönem (Eylül-2012)												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam			
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)
M	2889,6 ±3311	3728,8 ±1605	3431,5 ±1144	3419,9 ±1846	1045,3 ±992,2	3406,8 ±1267	3837,5 ±718,9	2959,9 ±1508	1967,4 ±2408	3567,8 ±1373,7	3634,5 ±910,9	3189,9 ±1665
Çk	4516,7 ±1759	3622,6 ±1940	5354,6 ±4245	4423,4 ±2730	1578,8 ±551,7	5388,1 ±5162	5984,8 ±2082	4634,7 ±3794	3047,8 ±1987	4505,4 ±3792	5669,7 ±3113	4529,1 ±3234
V. Dönem (Kasım-2012)												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam			
	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)
M	4980,8 ±203,7	4915,3 ±1163	4321,7 ±1079	4783,3 ±955,3	1548,1 ±201,7	2982,9 ±1453	2830,8 ±414,7	2586,2 ±1180	3264,4 ±1889	3949,1 ±1610	3576,2 ±1096	3684,7 ±1537
Çk	1571,9 ±19,2	1374,0 ±1208	2312,2 ±736,6	1736,2 ±930,7	2321,4 ±790,0	1315,1 ±427,5	1134,9 ±731,0	1506,7 ±757,4	1946,7 ±646,8	1344,6 ±854,8	1723,6 ±926,0	1621,4 ±838,1
TOPLAM												
	Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam			
	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)
M	3311,2 ±2278	3007,5 ±1728	4181,4 ±1454	3298,7 ±1859	2584,1 ±1626	3310,7 ±1627	4047,4 ±1490	3264,1 ±1648	2947,7 ±1979	3159,1 ±1672	4114,4 ±1438	3281,4 ±1749
Çk	2260,6 ±1510	2738,2 ±1501	3780,9 ±2632	2827,4 ±1824	1498,3 ±1001	2161,7 ±2398	3112,6 ±2492	2186,0 ±2193	1879,5 ±1318	2449,9 ±2007	3446,8 ±2530	2506,7 ±2034

(M) Meşe; (Çk) Karaçam

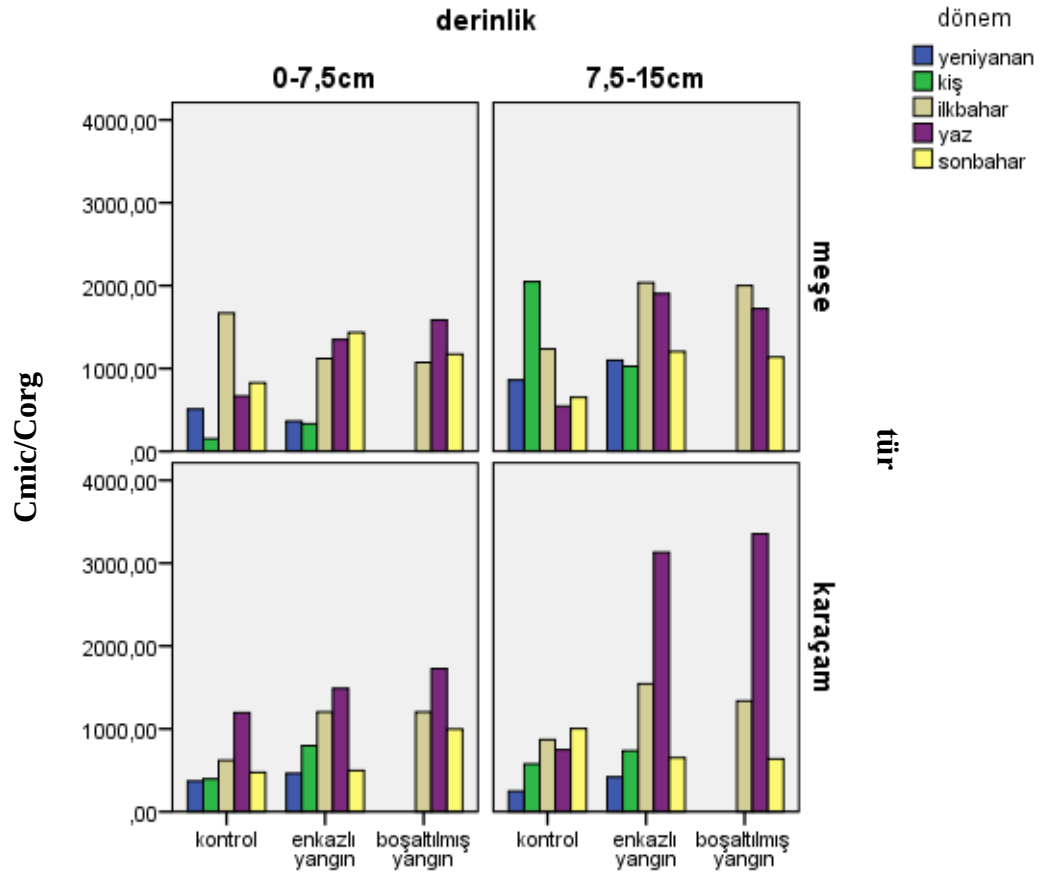
4.13 Mikrobiyal Biyokütle Karbonunun Organik Karbona Oranı (Cmic/Corg)

Cmic/Corg oranı üzerine yangının etkisi her iki tür ve derinlikte önemsiz düzeyde bulunmuştur ($P > 0,05$). Enkazın kaldırılmasının ise sadece meşe alt topraklarında $P = 0,031$ düzeyinde önemli olduğu sahayı boşaltmanın meşe alt topraklarında Cmic/Corg oranını artırdığı görülmüştür (Çizelge 4.15).

Örnekleme dönemi meşe üst toprakları dışında tüm örneklerde Cmic/Corg oranını önemli düzeyde artırmıştır, bu artış özellikle III. dönemden itibaren göze çarpmaktadır. Cmic/Corg oranı meşede en yüksek değerini III, karaçamda IV. dönemde almıştır (Çizelge 4.15, Şekil 4.12).

Toprak derinliği Cmic/Corg oranını önemli düzeyde etkilemiştir ($P < 0,01$). Alt derinlik kademesinde Cmic/Corg oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Türlerin sadece alt toprakta farklı etkisinin olduğu görülmüştür ($P = 0,001$).

Mikrobiyal biyokütle karbonunun (Cmic) toplam organik karbona (Corg) (Cmic/Corg) oranının düşmesi topraktaki organik maddenin yarıyışlılığının azalması anlamına gelmektedir (Brookes 1995). Mikrobiyal biyokütle karbonunun toprak organik karbonuna oranı (Cmic:Corg) aynı zamanda toprak mikroflorasına substratın yarıyışlılığını veya tam tersi olarak topraktaki dayanıklı organik maddenin fraksiyonları göstermektedir. Gerçekte bu oran düştüğünde topraktaki yarıyışlı organik madde konsantrasyonu azalmaktadır (Brookes 1995).



Şekil 4.12 Yangın ve uygulamanın Cmic/Corg üzerine etkisi

Çizelge 4.15 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde Cmic/Corg ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontro l (n=3)	Enkazlı ı (n=9)	Topla m (n=12)	Kontro l (n=3)	Enkazlı ı (n=9)	Topla m (n=12)		Kontro l (n=6)	Enkazlı ı (n=18)	Toplam (n=24)		
M	508,7 ±49,4	365,4 ±244	401,2 ±219	860,5 ±288	1099 ±422	1039 ±395		684,6 ±267	732,5 ±505	720,5 ±451,8		
Çk	369,8 ±169	462,7 ±161	439,5 ±160	247,2 ±144	419,2 ±126	376,2 ±146		308,5 ±156	440,9 ±142	407,8 ±153,5		
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontro l (n=3)	Enkazlı ı (n=9)	Topla m (n=12)	Kontro l (n=3)	Enkazlı ı (n=9)	Topla m (n=12)		Kontro l (n=6)	Enkazlı ı (n=18)	Toplam (n=24)		
M	153,3 ±25,9	333,5 ±79,3	288,5 ±107	2045 ±611	1027 ±626	1282 ±752		1099 ±1106	680,1 ±561	784,9 ±729,9		
Çk	396,4 ±197	796,7 ±193	696,6 ±259	575,1 ±727	735,2 ±273	695,2 ±394		485,8 ±486	765,9 ±231	695,9 ±326,2		
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontro l (n=3)	Enkazlı ı (n=5)	Boşaltılmış ş (n= 4)	Topla m (n=12)	Kontro l (n=3)	Enkazlı ı (n=5)	Boşaltılmış ş (n= 4)	Topla m (n=12)	Kontro l (n=6)	Enkazlı ı (n=10)	Boşaltılmış ş (n= 8)	Toplam (n=24)
M	1668 ±596	1121 ±412	1072,4 ±361,3	1241 ±478	1236 ±621	2034 ±1529	1999,2 ±274,4	1823 ±1033	1452 ±593	1577 ±1160	1535,8 ±577,6	1532,2 ±841,3
Çk	620,8 ±301	1203 ±188	1202,6 ±168,7	1057 ±326	868,7 ±516	1544 ±299	1338,2 ±416,7	1307 ±455	744,8 ±401	1373 ±296	1270,4 ±303,1	1181,9 ±407,3
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontro l (n=3)	Enkazlı ı (n=5)	Boşaltılmış ş (n= 4)	Topla m (n=12)	Kontro l (n=3)	Enkazlı ı (n=5)	Boşaltılmış ş (n= 4)	Topla m (n=12)	Kontro l (n=6)	Enkazlı ı (n=10)	Boşaltılmış ş (n= 8)	Toplam (n=24)
M	666,8 ±662	1350 ±478	1585,2 ±773,8	1258 ±681	545,7 ±709	1904 ±1159	1720,5 ±332,7	1503 ±975	606,2 ±618	1627 ±886	1652,9 ±556,1	1380,5 ±832,2
Çk	1194 ±404	1489 ±895	1725,3 ±1707,6	1494 ±1077	747,9 ±230	3132 ±3854	3354,7 ±2125,8	2610 ±2813	971,3 ±382	2310 ±2776	2540,0 ±1986,2	2052,0 ±2159
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontro l (n=3)	Enkazlı ı (n=5)	Boşaltılmış ş (n= 4)	Topla m (n=12)	Kontro l (n=3)	Enkazlı ı (n=5)	Boşaltılmış ş (n= 4)	Topla m (n=12)	Kontro l (n=6)	Enkazlı ı (n=10)	Boşaltılmış ş (n= 8)	Toplam (n=24)
M	825,8 ±221	1434 ±367	1171,7 ±780,5	1216 ±499	651,6 ±125	1203 ±330	1135,9 ±542,2	1048 ±405	738,7 ±187	1318 ±354	1153,8 ±601,4	1132,3 ±452,4
Çk	473,3 ±119	496,8 ±416	997,5 ±515,9	657,8 ±449	1003 ±402	651,3 ±203	636,3 ±519,1	734,3 ±379	738,3 ±393	574,0 ±319	816,9 ±516,6	696,0 ±408,3
TOPLAM												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
	Kontro l (n=15)	Enkazlı ı (n=34)	Boşaltılmış ş (n= 11)	Topla m (n=60)	Kontro l (n=15)	Enkazlı ı (n=34)	Boşaltılmış ş (n= 11)	Topla m (n=60)	Kontro l (n=30)	Enkazlı ı (n=68)	Boşaltılmış ş (n= 22)	Toplam (n=120)
M	764,5 ±626	801,4 ±575	1285,9 ±631,4	881 ±618	1068 ±714	1354 ±876	1662,4 ±494,5	1339 ±794	916,2 ±678	1078 ±786	1474,2 ±585,9	1110,1 ±745,2
Çk	610,9 ±383	826,5 ±539	1308,5 ±998,9	869,0 ±656	688,4 ±469	1122 ±1664	1776,4 ±1673,8	1145 ±1487	649,7 ±423	974,2 ±1236	1542,4 ±1365,6	1006,7 ±1152

(M) Meşe; (Çk) Karaçam

4.14 β -D Glikosidaz EnzimAktivitesi

Karaçamın alt toprakları dışında yangın β -D Glikosidaz enzim aktivitesi üzerine önemli düzeyde etkili olduğu ve yangınla beraber önemli ölçüde β -D Glikosidaz aktivitesinin azaldığı bulunmuştur. Meşede kontrol sahalarında $2,70 \text{ mg pNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ 'ten enkazlı yangın sahasında $0,69 \text{ mgpNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ 'a düşen β -D Glikosidaz, karaçamda $2,35 \text{ mg pNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ 'ten boşaltılmış yangın sahasında $1,26 \text{ mg pNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ 'ya düşmüştür (Çizelge 4.16, Şekil 4.13).

Enkazlı yangın sahaları meşe üst topraklarında kontrolden önemli düzeyde farklı iken boşaltılmış-enkazlı yangın sahaları arasındaki ve boşaltılmış yangın-kontrol sahaları arasındaki fark önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.19). Meşe alt topraklarında yangın sahaları ile kontrol sahaları önemli düzeyde farklı bulunmuştur (Çizelge 4.20). Karaçam üst derinlikte ise kontrol ve enkazlı yangın sahaları benzer bulunurken kontrol ve boşaltılmış yangın sahaları birbirinden farklı bulunmuştur (Çizelge 21).

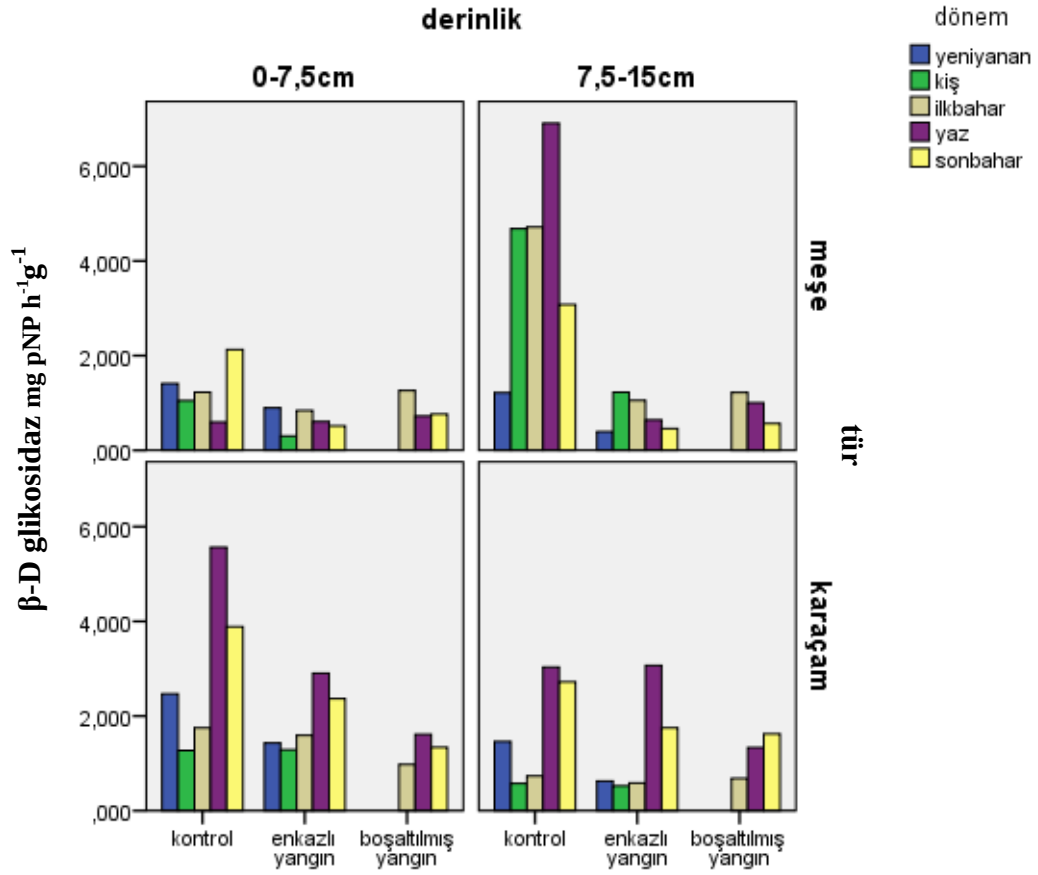
Örnekleme dönemi β -D Glikosidaz aktivitesini her iki türde ve derinlikte önemli düzeyde etkilemiştir. Meşede üst seviyesine III. dönemde ($1,55 \text{ mg pNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$) karaçamda IV. dönemde ($2,81 \text{ mg pNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$) ulaşmıştır (Şekil 4.13).

Toprak derinliği her iki türde β -D Glikosidaz üzerinde önemli düzeyde etkili bulunmuştur. Meşede derinlikten $P=0,025$ önem düzeyinde etkilenen enzim seviyesinin üst toprakta $0,84 \text{ mg pNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ 'ten alt toprakta $1,64 \text{ mg pNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ 'e yükseldiği; karaçamda ise üst toprakta daha yüksek olduğu ($1,99 \text{ mg pNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$) tespit edilmiştir.

Ağaç türlerinin β -D Glikosidaz enzim aktivitesi üzerine etkisi önemli düzeyde bulunmamıştır ($P > 0,05$).

β -Glikosidaz enzimi pH'daki değişimlere ve toprak yönetim uygulamalarına karşı çok duyarlıdır (Acosta-Martínez ve Tabatabai 2000). Yangınla genel olarak bu enzim seviyesindeki azalma pH'nın yükselmesine bağlı olabilir. Mikrobiyal etkinliğin yüksek

olduğu bahar ve yaz döneminde CO₂ çıkışı ve Cmic sonuçlarına paralel olarak enzim aktivitesinde artış gözlenmiştir.



Şekil 4.13 Yangın ve uygulamanın β-D glikosidaz üzerine etkisi

Çizelge 4.16 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde β -D Glikosidaz ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	1,41 $\pm$ 0,71	0,9 $\pm$ 0,59	1,03 $\pm$ 0,63	1,22 $\pm$ 0,83	0,39 $\pm$ 0,24		0,60 $\pm$ 0,55	1,31 $\pm$ 0,70	0,65 $\pm$ 0,51		0,81 $\pm$ 0,62	
Karaçam	2,47 $\pm$ 1,16	1,43 $\pm$ 0,58	1,69 $\pm$ 0,84	0,73 $\pm$ 0,05	0,63 $\pm$ 0,27		0,65 $\pm$ 0,23	1,60 $\pm$ 1,20	1,03 $\pm$ 0,60		1,17 $\pm$ 0,80	
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	1,05 $\pm$ 0,66	0,30 $\pm$ 0,25	0,49 $\pm$ 0,49	4,68 $\pm$ 0,31	1,23 $\pm$ 0,35		2,09 $\pm$ 1,60	2,86 $\pm$ 2,04	0,76 $\pm$ 0,56		1,29 $\pm$ 1,41	
Karaçam	1,27 $\pm$ 0,43	1,29 $\pm$ 0,95	1,28 $\pm$ 0,83	0,58 $\pm$ 0,12	0,52 $\pm$ 0,48		0,54 $\pm$ 0,41	0,92 $\pm$ 0,47	0,91 $\pm$ 0,83		0,91 $\pm$ 0,75	
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	1,23 $\pm$ 0,2	0,84 $\pm$ 0,47	1,26 $\pm$ 1,21	1,08 $\pm$ 0,73	4,72 $\pm$ 1,52	1,05 $\pm$ 0,73	1,22 $\pm$ 0,29	2,03 $\pm$ 1,81	2,97 $\pm$ 2,14	0,95 $\pm$ 0,59	1,24 $\pm$ 0,82	1,55 $\pm$ 1,43
Karaçam	1,75 $\pm$ 0,14	1,59 $\pm$ 1,10	0,98 $\pm$ 0,37	1,43 $\pm$ 0,77	0,73 $\pm$ 0,05	0,58 $\pm$ 0,22	0,68 $\pm$ 0,34	0,65 $\pm$ 0,23	1,24 $\pm$ 0,57	1,09 $\pm$ 0,92	0,83 $\pm$ 0,36	1,04 $\pm$ 0,68
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	0,60 $\pm$ 0,47	0,61 $\pm$ 0,60	0,72 $\pm$ 0,79	0,64 $\pm$ 0,59	6,91 $\pm$ 0,5	0,64 $\pm$ 0,46	1,00 $\pm$ 0,14	2,33 $\pm$ 2,79	3,75 $\pm$ 3,49	0,63 $\pm$ 0,50	0,86 $\pm$ 0,55	1,49 $\pm$ 2,15
Karaçam	5,56 $\pm$ 2,97	2,90 $\pm$ 1,92	1,61 $\pm$ 0,72	3,14 $\pm$ 2,36	3,03 $\pm$ 2,12	3,07 $\pm$ 2,05	1,33 $\pm$ 0,46	2,48 $\pm$ 1,77	4,30 $\pm$ 2,70	2,98 $\pm$ 1,87	1,47 $\pm$ 0,58	2,81 $\pm$ 2,07
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	2,13 $\pm$ 0,82	0,51 $\pm$ 0,23	0,77 $\pm$ 0,26	0,98 $\pm$ 0,80	3,08 $\pm$ 1,43	0,46 $\pm$ 0,45	0,57 $\pm$ 0,42	1,14 $\pm$ 1,36	2,60 $\pm$ 1,16	0,49 $\pm$ 0,34	0,67 $\pm$ 0,33	1,06 $\pm$ 1,10
Karaçam	3,89 $\pm$ 1,29	2,37 $\pm$ 1,20	1,34 $\pm$ 0,83	2,40 $\pm$ 1,43	2,72 $\pm$ 0,94	1,75 $\pm$ 1,17	1,62 $\pm$ 1,08	1,95 $\pm$ 1,10	3,31 $\pm$ 1,19	2,06 $\pm$ 1,16	1,48 $\pm$ 0,91	2,18 $\pm$ 1,27
TOPLAM												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)	
Meşe	1,28 $\pm$ 0,73	0,62 $\pm$ 0,48	0,93 $\pm$ 0,84	0,84 $\pm$ 0,68	4,12 $\pm$ 2,15	0,76 $\pm$ 0,54	0,96 $\pm$ 0,38	1,64 $\pm$ 1,84	2,70 $\pm$ 2,14	0,69 $\pm$ 0,51	0,95 $\pm$ 0,64	1,24 $\pm$ 1,44
Karaçam	2,99 $\pm$ 2,08	1,78 $\pm$ 1,21	1,31 $\pm$ 0,67	1,99 $\pm$ 1,51	1,70 $\pm$ 1,37	1,13 $\pm$ 1,28	1,21 $\pm$ 0,76	1,29 $\pm$ 1,23	2,35 $\pm$ 1,85	1,46 $\pm$ 1,28	1,26 $\pm$ 0,70	1,64 $\pm$ 1,41

4.15 Asit Fosfataz Enzim Aktivitesi

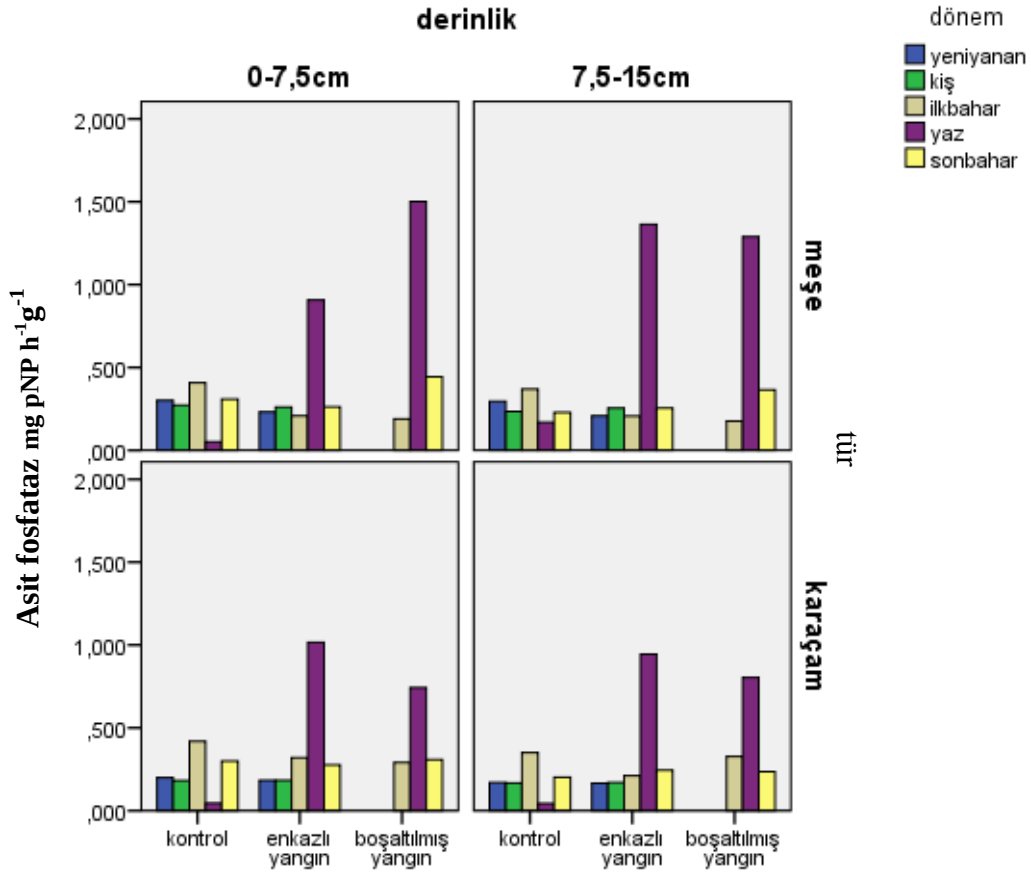
Meşede asit fosfataz üzerinde yangının etkisi önemsiz ($P > 0,05$) bulunurken karaçamda alt topraklarında önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. Karaçamda en yüksek düzeyine boşaltılmış yangın sahasında (üst toprak $0,45 \text{ mg pNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$; alt toprak $0,46 \text{ mg pNP h}^{-1} \text{ g}^{-1}$) ulaşan asit fosfataz aktivitesinin tüm dönemler ortalamasına bakıldığında yangın sahalarında daha yüksek olduğu bulunmuş ve bunun sadece yangın sahalarında IV.dönemdeki artıştan kaynaklandığı anlaşılmıştır. Gruplar arasında karaçam alt toprakta fark bulunmuş enkazlı yangın sahalarının hem kontrol hem boşaltılmış yangın sahalarına benzer olduğu, kontrol ve boşaltılmış yangın sahalarının birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Örnekleme dönemi toprağın asit fosfataz aktivitesi üzerinde önemli ölçüde etkili bulunmuştur. Yangından sonraki ilk iki döneme bakıldığında aslında yangınla beraber I. dönemde asit fosfataz aktivitesinin azaldığı, II. dönemde kontrol ve yangın sahalarının aynı seviyede olduğu, III. dönemde kontrol sahalarında daha yüksek asit fosfataz aktivitesinin bulunduğu IV. dönemde (Eylül) yangın sahalarında büyük oranda artış gösteren kontrol sahalarından daha yüksek asit fosfataz seviyelerinin belirlendiği görülmekte, aktivitenin V. dönemde tekrar düşerek kontrol sahaları lehine geliştiği anlaşılmaktadır (Çizelge 4.17, Şekil 4.14).

Tüm mikrobiyal aktivitenin bir indikatörü olan asit fosfataz aktivitesi yangın sonucunda çoğunlukla azalır (Saa vd. 1993, Eivasi ve Bayan 1996, Boerner vd. 2000).

Boerner vd. (2005), yanmış ve yanmamış sahada asit fosfataz aktivitesini mevsimsel olarak incelemişler ve ortalama $1,57 \text{ mmol/kg toprak/s}$ bulmuşlardır. Yine aynı çalışmada yangından sonra Mayıs ayında yaptıkları ölçümlerde asit fosfataz aktivitesinin yanmış sahalarda yanmamış kontrol sahalarına göre daha düşük olduğu, sonraki aylarda yanmış sahalarda asit fosfataz aktivitesinin artarak kontrol sahalarındaki aktiviteyi aştığı ve Eylül ayında yangın sahaları asit fosfataz aktivitesinin kontrol sahalarına göre çok önemli düzeyde yükseldiği, Kasım' da hem yangın sahasında hem

kontrol sahasında aktivitenin bir miktar düşmekle birlikte yangın ve kontrol sahalarında yangın sahası lehine önemli düzeyde yüksek kaldığı kaydedilmiştir.



Şekil 4.14 Yangın ve uygulamanın asit fosfataz üzerine etkisi

Toprak derinliğinin her iki türde de asit fosfataz aktivitesi üzerine önemli düzeyde etkili olmadığı belirlenmiştir ($P > 0,05$). Enkazlı ve boşaltılmış yangın sahalarının aynı grupta yer aldığı kontrol sahalarından meşede önemli düzeyde farklı olmadığı ancak karaçam alt topraklarında boşaltılmış yangın sahası ile kontrol sahasının önemli düzeyde farklı bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 22).

Ağaç türleri arasındaki farkın $P = 0,020$ önem düzeyinde olduğu belirlenmiş, asit fosfataz aktivitesi ortalamalarının meşede yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde asit fosfataz ortalamaları ($\pm$ Sd)

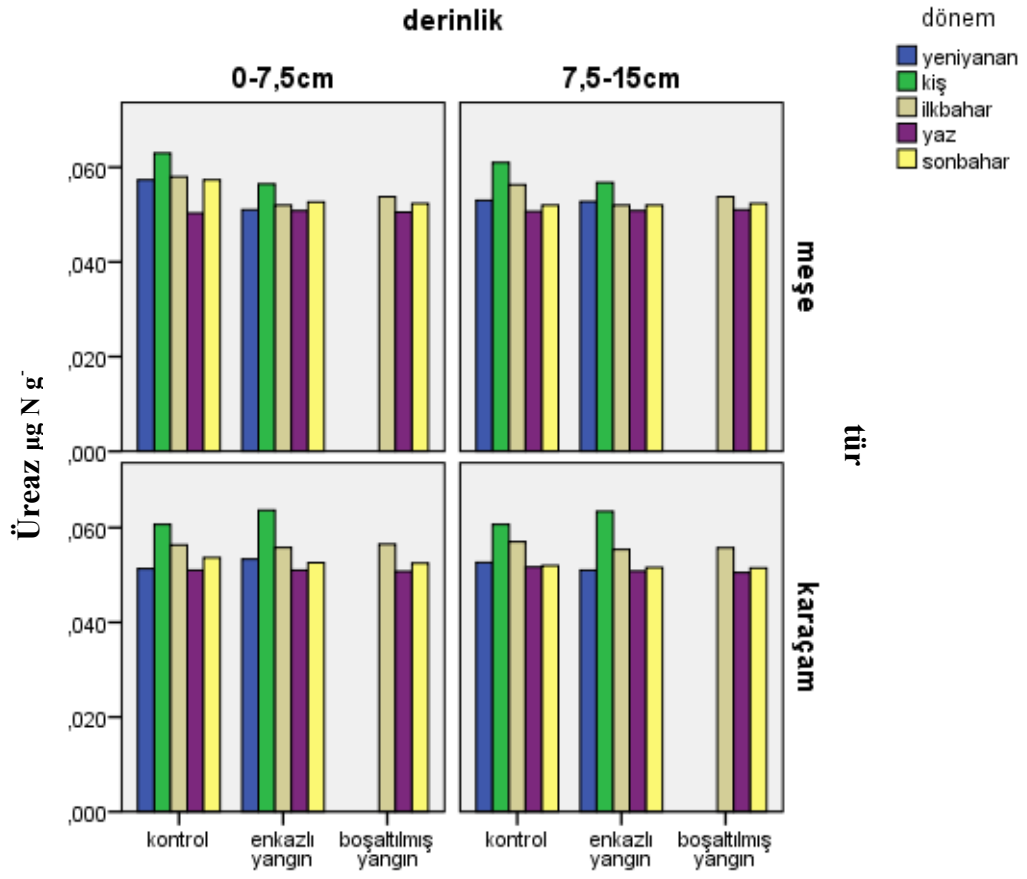
I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	0,30 $\pm$ 0,04	0,23 $\pm$ 0,01	0,25 $\pm$ 0,04	0,30 $\pm$ 0,02	0,21 $\pm$ 0,01		0,23 $\pm$ 0,04	0,30 $\pm$ 0,03	0,22 $\pm$ 0,02		0,24 $\pm$ 0,04	
Karaçam	0,20 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,02	0,19 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,02		0,17 $\pm$ 0,02	0,19 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,02		0,18 $\pm$ 0,02	
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	0,27 $\pm$ 0,02	0,26 $\pm$ 0,02	0,26 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,01	0,26 $\pm$ 0,04		0,25 $\pm$ 0,03	0,25 $\pm$ 0,02	0,26 $\pm$ 0,03		0,27 $\pm$ 0,03	
Karaçam	0,18 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,01	0,17 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,01		0,17 $\pm$ 0,01	0,17 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,01		0,18 $\pm$ 0,01	
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	0,41 $\pm$ 0,05	0,21 $\pm$ 0,11	0,19 $\pm$ 0,06	0,25 $\pm$ 0,12	0,37 $\pm$ 0,10	0,21 $\pm$ 0,05	0,18 $\pm$ 0,08	0,24 $\pm$ 0,11	0,39 $\pm$ 0,07	0,21 $\pm$ 0,08	0,18 $\pm$ 0,07	0,24 $\pm$ 0,11
Karaçam	0,42 $\pm$ 0,05	0,32 $\pm$ 0,07	0,29 $\pm$ 0,07	0,34 $\pm$ 0,08	0,35 $\pm$ 0,08	0,21 $\pm$ 0,11	0,33 $\pm$ 0,07	0,28 $\pm$ 0,10	0,38 $\pm$ 0,07	0,27 $\pm$ 0,10	0,31 $\pm$ 0,06	0,31 $\pm$ 0,09
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	0,05 $\pm$ 0,01	0,91 $\pm$ 0,77	1,50 $\pm$ 1,10	0,89 $\pm$ 0,93	0,17 $\pm$ 0,06	1,36 $\pm$ 1,17	1,29 $\pm$ 0,9	1,04 $\pm$ 0,99	0,11 $\pm$ 0,08	1,14 $\pm$ 0,96	1,39 $\pm$ 0,94	0,96 $\pm$ 0,95
Karaçam	0,04 $\pm$ 0,00	1,02 $\pm$ 0,62	0,74 $\pm$ 0,41	0,68 $\pm$ 0,59	0,04 $\pm$ 0,00	0,95 $\pm$ 0,39	0,80 $\pm$ 0,37	0,67 $\pm$ 0,49	0,04 $\pm$ 0,00	0,98 $\pm$ 0,49	0,77 $\pm$ 0,36	0,68 $\pm$ 0,53
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	0,31 $\pm$ 0,07	0,26 $\pm$ 0,08	0,44 $\pm$ 0,15	0,32 $\pm$ 0,12	0,23 $\pm$ 0,04	0,25 $\pm$ 0,13	0,37 $\pm$ 0,23	0,28 $\pm$ 0,15	0,27 $\pm$ 0,07	0,26 $\pm$ 0,11	0,41 $\pm$ 0,18	0,30 $\pm$ 0,13
Karaçam	0,30 $\pm$ 0,04	0,28 $\pm$ 0,06	0,31 $\pm$ 0,06	0,29 $\pm$ 0,06	0,20 $\pm$ 0,06	0,25 $\pm$ 0,05	0,24 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,04	0,25 $\pm$ 0,07	0,26 $\pm$ 0,05	0,27 $\pm$ 0,06	0,26 $\pm$ 0,06
TOPLAM												
Kontrol (n=15)	Üst derinlik (0-7,5 cm) Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Alt derinlik (7,5-15 cm) Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)	
Meşe	0,28 $\pm$ 0,13	0,34 $\pm$ 0,36	0,74 $\pm$ 0,86	0,39 $\pm$ 0,48	0,26 $\pm$ 0,08	0,40 $\pm$ 0,58	0,63 $\pm$ 0,73	0,41 $\pm$ 0,54	0,26 $\pm$ 0,11	0,37 $\pm$ 0,48	0,68 $\pm$ 0,78	0,40 $\pm$ 0,51
Karaçam	0,23 $\pm$ 0,13	0,34 $\pm$ 0,37	0,45 $\pm$ 0,31	0,34 $\pm$ 0,32	0,19 $\pm$ 0,11	0,30 $\pm$ 0,31	0,46 $\pm$ 0,33	0,31 $\pm$ 0,29	0,21 $\pm$ 0,12	0,33 $\pm$ 0,34	0,45 $\pm$ 0,31	0,32 $\pm$ 0,30

4.16 Üreaz Enzim Aktivitesi

Üreaz aktivitesi üzerine yangının etkisi meşe üst topraklarında $P < 0,01$ etkili bulunurken, alt topraklarında önemli düzeyde etkili olmadığı anlaşılmıştır ($P > 0,05$). Karaçamda ise yangın üreaz aktivitesi üzerinde her iki derinlik topraklarında etkili bulunmamıştır. Meşe üst topraklarında enkazlı ve boşaltılmış yangın sahalarında üreaz aktivitesinin kontrol sahalarına göre önemli düzeyde düşük olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4.19).

Hernandez vd. (1997) Akdeniz çam ormanında yangının kısa dönemli etkilerini incelendikleri çalışmalarından elde edilen bulgulara göre yangından sonra üreaz enzim aktivitesinin azaldığını bildirilmiştir. *Eucalyptus globulus* ve *Quercus robur* karışık ormanında yapılan bir çalışmada da yangının üreaz aktivitesi üzerine olumsuz etkisinin gözlemlendiği bildirilmiştir (Barreiro vd. 2015).

Örnekleme döneminin toprağın üreaz aktivitesi üzerinde her iki tür ve derinlikte etkisi ise $P < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Meşe en yüksek üreaz aktivitesini II. dönemde gösterirken karaçam II. ve III. dönemde göstermiştir (Çizelge 4.18, Şekil 4.15). Derinlik ve türün üreaz üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olmadığı tespit edilmiştir ($P > 0,05$).



Şekil 4.15 Yangın ve uygulamanın üreaz üzerine etkisi

Çizelge 4.18 Meşe ve karaçamda farklı dönemlerde üreaz ortalamaları ($\pm$ Sd)

I. Dönem (Ekim-2011)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	0,06 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,004		0,05 $\pm$ 0,003	0,06 $\pm$ 0,003	0,052 $\pm$ 0,003		0,05 $\pm$ 0,003	
Karaçam	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,004	0,05 $\pm$ 0,004	0,05 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,002		0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,003		0,05 $\pm$ 0,003	
II. Dönem (Şubat-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=9)		Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=18)		Toplam (n=24)	
Meşe	0,06 $\pm$ 0,002	0,06 $\pm$ 0,006	0,06 $\pm$ 0,006	0,06 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,004		0,06 $\pm$ 0,004	0,06 $\pm$ 0,002	0,06 $\pm$ 0,005		0,06 $\pm$ 0,005	
Karaçam	0,06 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,003	0,06 $\pm$ 0,003	0,06 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,003		0,06 $\pm$ 0,003	0,06 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,003		0,06 $\pm$ 0,003	
III. Dönem (Mayıs-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	0,06 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,003	0,06 $\pm$ 0,005	0,05 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,004	0,06 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,003
Karaçam	0,06 $\pm$ 0,004	0,06 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,002	0,06 $\pm$ 0,005	0,06 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,002	0,06 $\pm$ 0,004	0,06 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,002
IV. Dönem (Eylül-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	0,05 $\pm$ 0,006	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001
Karaçam	0,05 $\pm$ 0,00	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001
V. Dönem (Kasım-2012)												
Üst derinlik (0-7,5 cm)				Alt derinlik (7,5-15 cm)				Toplam				
Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=3)	Enkazlı (n=5)	Boşaltılmış (n= 4)	Toplam (n=12)	Kontrol (n=6)	Enkazlı (n=10)	Boşaltılmış (n= 8)	Toplam (n=24)	
Meşe	0,06 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,06 $\pm$ 0,004	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,002
Karaçam	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001	0,05 $\pm$ 0,001
TOPLAM												
Kontrol (n=15)	Üst derinlik (0-7,5 cm) Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=15)	Alt derinlik (7,5-15 cm) Enkazlı (n=34)	Boşaltılmış (n= 11)	Toplam (n=60)	Kontrol (n=30)	Enkazlı (n=68)	Boşaltılmış (n= 22)	Toplam (n=120)	
Meşe	0,06 $\pm$ 0,005	0,05 $\pm$ 0,004	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,004	0,06 $\pm$ 0,004	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,004	0,06 $\pm$ 0,005	0,05 $\pm$ 0,004	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,004	
Karaçam	0,05 $\pm$ 0,004	0,06 $\pm$ 0,006	0,05 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,005	0,06 $\pm$ 0,004	0,06 $\pm$ 0,006	0,05 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,005	0,06 $\pm$ 0,004	0,06 $\pm$ 0,006	0,05 $\pm$ 0,003	0,05 $\pm$ 0,005

Çizelge 4.19 Meşe’de yangın ve uygulamanın kimyasal ve biyolojik üst toprak özellikleri üzerine etkisi (ortalama±Sd)

Toprak özellikleri		Yangın sahası		
		Kontrol sahası n=15	Enkazlı n=33	Boşaltılmış n=12
pH 1/2,5		6,58±0,20c	7,18±0,23b	7,44±0,16a
EC 10 ³ 25 ⁰ C	mS/cm	0,84±0,34a	0,83±0,24a	0,65±0,14a
CaCO ₃ %		1,54±1,4b	2,77±1,78a	4,11±2,95a
Ca mg/kg		2932,13±877,83a	3754,21±528,92a	3844,18±594,17a
P ₂ O ₅ mg/kg		10,27±7,3b	38,35±14,6a	47,81±18a
OM %		8,32±2,68a	7,45±2,47a	6,45±2,55a
TN %		0,37±0,14a	0,32±0,09a	0,33±0,11a
C/N		13,58±2,23a	13,91±4,08a	11,51±2,29a
β-D glikosidaz mg pNP h ⁻¹ g ⁻¹		1,28±0,73a	0,62±0,48a	0,93±0,84a
Asit fosfataz mg pNP h ⁻¹ g ⁻¹		0,28±0,13a	0,34±0,36a	0,74±0,86a
Üreazµg N g ⁻¹ toprak		0,06±0,005a	0,05±0,004b	0,05±0,002b
CO ₂ çıkış		8,43±8,48a	5,83±3,62a	11,67±9,54a
Cmic µg C g ⁻¹		3311,22±2278a	3007,5±1728a	4181,4±1454a
Cmic/Corg		764,5 ±626a	801,4 ±575a	1285,9 ±632a

p < 0,05 önemlilik düzeyindeki farklılıklar farklı harflerle ifade edilmiştir

Çizelge 4.20 Çk da yangın ve uygulamanın kimyasal ve biyolojik üst toprak özellikleri üzerine etkisi (ortalama±Sd)

Toprak özellikleri		Yangın sahası		
		Kontrol sahası n=15	Enkazlı n=33	Boşaltılmış n=12
pH 1/2,5		6,13±0,27b	6,91±0,39a	6,98±0,34a
EC 10 ³ 25 ⁰ C	mS/cm	0,56±0,18a	0,67±0,21a	0,51±0,18a
CaCO ₃ %		0,15±0,43b	1,78±1,11a	1,34±1,22a
Ca mg/kg		1783,13±453,50b	2591,85±778,87a	2594±543,76
P ₂ O ₅ mg/kg		6,60±3,85b	31,52±21,02a	25,92±19,76a
OM %		6,40±1,41a	6,22±2,02a	5,14±1,59a
TN %		0,24±0,08a	0,23±0,07a	0,23±0,06a
C/N		16,64±5,21a	15,58±3,38a	12,79±1,61a
β-D glikosidaz mg pNP h ⁻¹ g ⁻¹		2,99±2,08a	1,78±1,21ab	1,31±0,67b
Asit fosfataz mg pNP h ⁻¹ g ⁻¹		0,23±0,13a	0,34±0,37a	0,45±0,31a
Üreazµg N g ⁻¹ toprak		0,06±0,004a	0,06±0,006a	0,05±0,003a
CO ₂ çıkış µgCO ₂ -C g ⁻¹		5,60±6,63a	5,37±4,48a	5,65±3,92a
Cmic µg C g ⁻¹		2260,64±1510,43a	2738,21±1501,39a	3780,85±2632,58a
Cmic/Corg		610,9 ±383a	826,5 ±539a	1308,5 ±998,9a

p < 0,05 önemlilik düzeyindeki farklılıklar farklı harflerle ifade edilmiştir

Çizelge 4.21 Meşe’de yangın ve uygulamanın kimyasal ve biyolojik alt toprak özellikleri üzerine etkisi (ortalama±Sd)

Toprak özellikleri		Yangın sahası		
		Kontrol sahası n=15	Enkazlı n=33	Boşaltılmış n=12
pH 1/2,5		6,73±0,29b	7,20±0,30a	7,42±0,15a
EC 103 25 ⁰ C	mS/cm	0,70±0,33a	0,68±0,23a	0,62±0,18a
CaCO ₃ %		1,68±1,5b	3,64±2,05a	4,53±3,16a
Ca mg/kg		2716,93±1048,72b	3752,03±405,08a	3878,27±635,2a
P ₂ O ₅ mg/kg		6,60±7,19c	22,15±9,65b	30,73±13,71a
OM %		4,65±1,85a	4,67±1,6a	4,36±1,36a
TN %		0,21±0,07a	0,22±0,09a	0,24±0,07a
C/N		12,86±2,40a	12,83±3,55a	10,63±1,55a
β-D glikosidaz mg pNP h ⁻¹ g ⁻¹		4,12±2,15a	0,76±0,54b	0,96±0,38b
Asit fosfataz mg pNP h ⁻¹ g ⁻¹		0,26±0,08a	0,40±0,58a	0,63±0,73a
Üreazµg N g ⁻¹ toprak		0,06±0,004a	0,05±0,004a	0,05±0,002a
CO ₂ çıkış µgCO ₂ -C g ⁻¹		7,05±6,12a	5,82±2,77a	9,80±4,76a
Cmic µg C g ⁻¹		2584,07±1626,36b	3310,73±1627,04a	4047,36±1490,25a
Cmic/Corg		1068 ±714b	1354 ±876a	1662,4 ±494,5a

p < 0,05 önemlilik düzeyindeki farklılıklar farklı harflerle ifade edilmiştir

Çizelge 4.22 Çk’da yangın ve uygulamanın kimyasal ve biyolojik alt toprak özellikleri üzerine etkisi (ortalama±Sd)

Toprak özellikleri		Yangın sahası		
		Kontrol sahası n=15	Enkazlı n=33	Boşaltılmış n=12
pH 1/2,5		5,97±0,40b	6,85±0,48a	6,66±0,51a
EC 103 25 ⁰ C	mS/cm	0,43±0,13a	0,59±0,21a	0,50±0,21a
CaCO ₃ %		0,26±0,56b	2,49±1,96a	1,40±1,58a
Ca mg/kg		1531,47±648,66b	2480,24±749,56a	2463,56±636,365a
P ₂ O ₅ mg/kg		5,13±2,52b	16,36±14,39a	13,42±10,56a
OM %		3,95±1,27a	3,84±1,2a	3,31±1,02a
TN %		0,16±0,05a	0,16±0,04a	0,16±0,04a
C/N		14,48±3,84a	14,32±3,27a	11,67±1,63a
β-D glikosidaz mg pNP h ⁻¹ g ⁻¹		1,70±1,37a	1,13±1,28a	1,21±0,76a
Asit fosfataz mg pNP h ⁻¹ g ⁻¹		0,19±0,11a	0,30±0,31a	0,46±0,33a
Üreazµg N g ⁻¹ toprak		0,06±0,004a	0,06±0,006a	0,5±0,002a
CO ₂ çıkış µgCO ₂ -C g ⁻¹		4,00±4,49a	4,18±3,41a	5,16±1,95a
Cmic µg C g ⁻¹		1498,3±1001a	2161,7±2398a	3112,58±2492,07a
Cmic/Corg		688,4 ±469a	1122 ±1664a	1776,4 ±1673,8a

p < 0,05 önemlilik düzeyindeki farklılıklar farklı harflerle ifade edilmiştir

4.17 Ayırma Analizleri Bulguları

Tek yönlü varyans analizinde elde edilen bulgulara göre ortalamaları farklılık gösteren değişkenlerin gruplara göre dağılımlarının bulunması amacıyla ayırma analizinden yararlanılmıştır. Ayırma analizi kontrol, enkazlı yangın ve boşaltılmış yangın saha gruplarında meşe ve karaçamda ayrı ayrı uygulanmıştır. Ayırmada etkili olmayan değişkenleri elimine etmek amacıyla aşamalı ayırma analizi uygulanmıştır. Doğruluk sınıflandırma oranı meşede %79,2, karaçamda %70,8 bulunmuştur.

4.17.1 Meşe türünde ayırma analizi bulguları

Çizelge 4.23’de üç grup değişkenlerine göre elde edilen ayırma analizi sonuçları verilmiştir. Bu verilere göre iki kanonik ayırma fonksiyonu elde edilmiştir. Birinci fonksiyonun ayırma gücü çok önemli ($P < 0,001^{***}$), ikinci fonksiyonun ayırma gücü önemli ($P = 0,031^*$) düzeydedir.

Çizelge 4.23 Ayırma analizi sonuçları (Meşe)

Fonksiyon	Özdeğer(λ)	Varyans (%)	Kanonik Korelasyon	Wilks’ Lambda (Λ)	Ki-Kare	s.d.(df)	P
1	2,558 ^a	96,4	0,848	0,256	156,598	10	0,000
2	0,097 ^a	3,6	0,297	0,912	10,629	4	0,031

Çizelge 4.24 Sınıflama fonksiyonu katsayıları (Discriminant Coefficients) (Meşe)

	Uygulama		
	Kontrol sahası	Enkazlı yangın sahası	Boşaltılmış yangın sahası
pH	172,656	176,278	179,274
Ca	-0,022	-0,020	-0,020
OM	11,406	10,582	10,330
P ₂ O ₅	-1,452	-1,288	-1,223
β -D glikosidaz	6,310	4,713	4,842
sabit	-583,188	-610,604	-633,623

Sınıflama ayrımında en fazla etkiye sahip değişkenler Çizelge 24’ te verilmiştir. Meşe türünde üç farklı sahadaki ayrımı pH, Ca, OM, P₂O₅, β-D glikosidaz değişkenleri önemli etkili olan değişkenlerdir. Diğer değişkenler grupların ayrılmasında önemli düzeyde etkili bulunmamıştır (Çizelge 4.23- 4.25).

Çizelge 4.25’ te gruplara ayırmaya katkı veren (önemli ve önemsiz) değişkenler yer almaktadır. Yapı matrisi (Structure Matrix) tablosunda mutlak değeri itibariyle en büyük olan katsayı, değişkenin hangi fonksiyonda en fazla ayırıcı özelliğe sahip olduğunu göstermektedir (Churchill 1999).

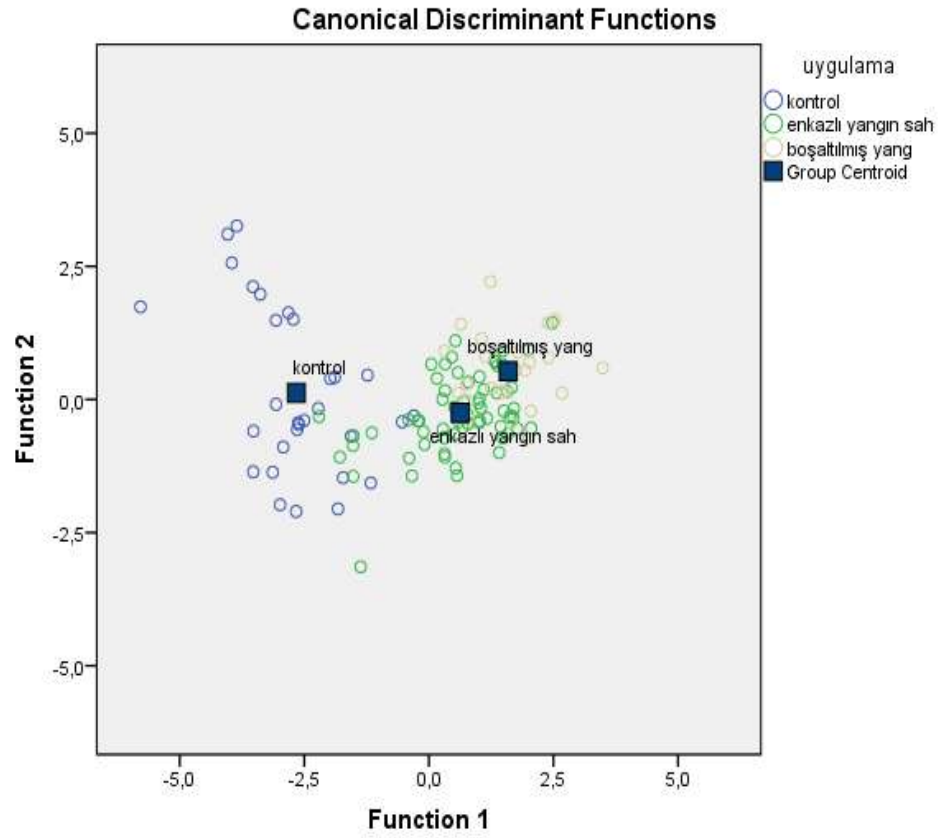
Çizelge 4.25 Yapı matrisi (Meşe)

	Fonksiyon	
	1	2
pH	0,710*	0,419
P ₂ O ₅	0,493*	0,202
Ca	0,404*	-0,275
CaCO ₃ ^b	0,391*	-0,010
Üreaz ^b	-0,239*	-0,063
Cmic ^b	0,123*	0,000
Asit fosfataz ^b	0,106*	-0,018
β-D glikosidaz	-0,435	0,770*
EC ^b	0,009	-0,320*
OM	-0,077	-0,290*
C/N ^b	-0,208	-0,246*
TN ^b	0,048	-0,209*
Cmic/Corg ^b	0,078	0,189*
CO ₂ çıkışı ^b	0,001	0,174*

(*)Her bir değişken ile ayırıcı fonksiyon arasındaki en yüksek korelasyon

(b) Kanonik Ayırma Analizinde dikkate alınmayan (önemsiz) değişken

Şekil 4.16’ya göre, kontrol alanındaki örnekler enkazlı ve boşaltılmış yangın alanlarına göre daha küçük değerlere sahip olarak gözlenmiştir. Kontrol bölgesine göre Enkazlı ve Boşaltılmış yangın bölgelerinde yangının toprak yapısı üzerine önemli etkisi bulunmaktadır.



Şekil 4.16 Standart ayırıcı fonksiyonlar (Meşe)

4.17.2 Karaçam türünde ayırma analizleri bulguları

Çizelge 4.26 Ayırma analizi sonuçları (Karaçam)

Fonksiyon	Özdeğer(λ)	Varyans (%)	Kanonik Korelasyon	Wilks' Lambda (Λ)	Ki-Kare	s.d.(df)	P
1	0,878 ^a	77,8	0,684	0,426	98,192	10	0,000
2	0,251 ^a	22,2	0,448	0,800	25,724	4	0,000

Çizelge 4.27 Yapı matrisi (Karaçam)

	Fonksiyon	
	1	2
pH	0,913*	-0,023
CaCO ₃	0,601*	0,348
Ca ^b	0,561*	-0,008
B-D		
glikosidaz	-0,318*	0,157
P ₂ O ₅ ^b	0,307*	0,003
C/Nratio	-0,155	0,628*
Cmic/Corg ^b	0,184	-0,546*
Cmic	0,181	-0,416*
CO ₂ çıkışı ^b	0,266	-0,300*
OM ^b	-0,060	0,293*
EC ^b	0,021	0,250*
Asit fosfataz ^b	0,164	-0,184*
Üreaz ^b	-0,049	-0,064*
TN ^b	0,023	-0,040*

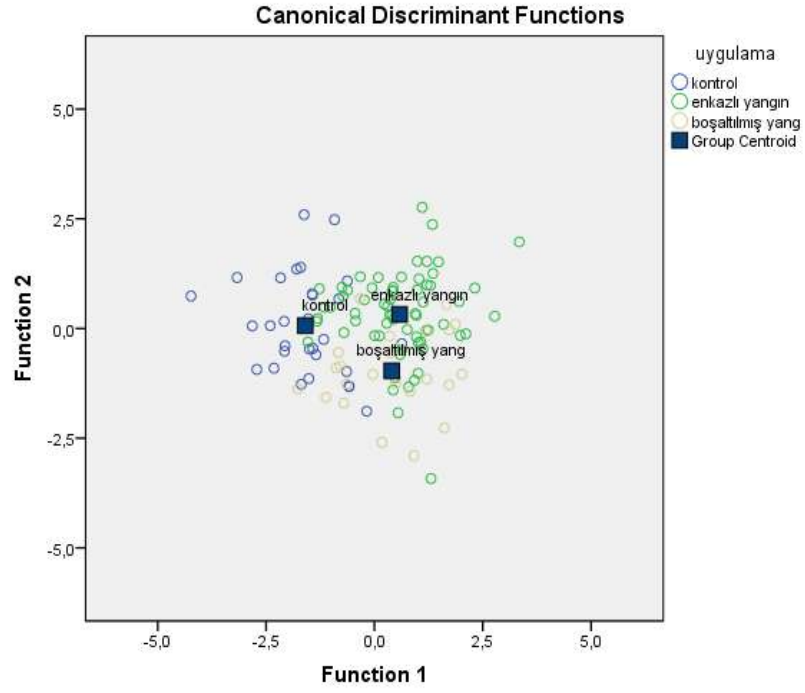
(*)Her bir değişken ile ayırıcı fonksiyon arasındaki en yüksek korelasyon

(b) Kanonik Ayırma Analizinde dikkate alınmayan (önemsiz) değişken

Karaçam türünde üç farklı sahadaki ayırımı pH, CaCO₃, C/N, β-D glikosidaz ve Cmic değişkenleri önemli etkili olan değişkenlerdir. Diğer değişkenler grupların ayrılmasında önemli düzeyde etkili bulunmamıştır (Çizelge 4.26- 4.28).

Çizelge 4.28 Sınıflama fonksiyonu katsayıları (Discriminant Coefficients) (Karaçam)

	Uygulama		
	Kontrol	Enkazlı yangın	Boşaltılmış yangın
pH	52,636	56,894	56,227
CaCO ₃	-6,077	-5,619	-6,089
C/N	2,279	2,360	2,066
β-D glikosidaz	2,909	2,393	2,046
Cmic	-0,004	-0,004	-0,003
(Constant)	-177,376	-205,639	-197,048



Şekil 4.17 Standart ayırıcı fonksiyonlar (Karaçam)

Şekil 4.17' ye göre, kontrol alanındaki örnekler enkazlı ve boşaltılmış yangın alanlarına göre daha küçük değerlere sahip olarak gözlenmiştir. Kontrol bölgesine göre Enkazlı ve Boşaltılmış yangın bölgelerinde yangının toprak yapısı üzerine önemli etkisi bulunmaktadır.

5. SONUÇ

Orman yangınlarına duyulan ilgi küresel ısınma ile birlikte karasal iklim etkisi altındaki bölgeler de dahil olmak üzere gittikçe artmıştır. Yıkıcı etkilerinin yanında özellikle düşük ve orta şiddetli yangınların ekosistem üzerine olumlu görülebilecek düzenleyici etkilerinin de olduğu anlaşılmıştır.

Yangın ve dönemin etkisi göz önüne alındığında sonuçların farklı türlerde ve farklı derinliklerde genellikle aynı yönde değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Toprak örneklemesinin III. döneminden itibaren enkazın kaldırılmış veya bırakılmış olmasının etkisine bakıldığında enkazlı bırakılan sahalardan ve enkazın kaldırıldığı (boşaltılmış) sahaların gruplandırmalarda büyük çoğunlukla aynı grupta yer aldığı görülmüştür.

Yangınla beraber sahada genel olarak % kum oranında azalma görülmüştür. Bu azalma meşede önemli, karaçamda önemsiz düzeyde bulunmuştur. Çalışma sahası meşe daha alt kesimde kalmak üzere orta yamacı kapsamaktadır. Çok eğimli olan arazide üst yamaçlardan yikanarak daha alt kesimlerde silt ve kilin birikmesiyle % oranlarında meydana gelen artışın, % kum oranını nispi olarak azalttığı düşünülmektedir. Nitekim azalma sadece daha alt kısımlarda yer alan meşe topraklarında önemli düzeydedir.

Toprak reaksiyonu üzerinde yangın önemli düzeyde etkili bulunmuş, yangınla beraber pH düzeyi artmıştır. Yangın toprak pH' sını iki şekilde artırmaktadır. Birincisi; döküntü örtüsündeki ve topraktaki ayrışmamış asetik asit gibi organik asitlerin yanarak sistemden uzaklaşmasıdır. İkinci süreç baz katyonların yangınla birlikte açığa çıkmasıdır ki bu topraktaki H^+ iyonunun tüketilmesi ile ilişkilidir (Fisher ve Binkley 2000).

Enkazın kaldırılması meşe üst topraklarında etkili bulunmuştur. Bu topraklarda yangına ek olarak boşaltmanın yani enkazın sahadan uzaklaştırılmasının da toprak reaksiyonunu artırdığı tespit edilmiştir. Yapraklı türlerin büyük çoğunluğu asit humus oluşturmazken meşelerin bir çoğunun bu genellemenin dışında kaldığı bildirilmiştir (Kantarci 2000).

Bu bilgi ışığında sahadan meşe ağacı kalıntılarının uzaklaştırılmasının asit humus oluşumunu da azaltmış olması beklenir ve böylece boşaltılmış sahada asitlik azalmış olabilir.

Yangınla aynı yönde değişim göstermekle birlikte toprak reaksiyonu meşe ve karaçam türleri arasında önemli düzeyde farklıdır. Yapraklarının reçineli ve asitli olması nedeniyle iğne yapraklı türler altında topraklarda asitlik daha yüksek düzeydedir (Brady ve Weil 1999). Bu çalışma sonuçları bulguları da iğne yapraklı karaçam topraklarında asitliğin yüksek olduğunu ve pH değerlerinin meşe topraklarına göre daha düşük olduğunu göstermektedir.

Çalışma bulguları göstermiştir ki; elektiriksel iletkenlik yangınla birlikte önemli düzeyde olmamakla beraber artmış ancak bu artış IV. dönemden itibaren azalmaya başlamıştır. Dönemler ortalamasına bakıldığında ise EC değerlerinin kontrol sahalarında yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre yangının önemsiz düzeydeki EC değerlerini yükseltici etkisi IV. dönem (yangından on ay kadar sonra) itibarıyla kaybolmaktadır.

Türlerin EC değerlerinin önemli düzeyde farklı olması ve bu değerlerin meşede daha yüksek bulunması pH sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Katyon kullanma istekleri daha fazla olan türlerin ölü örtülerinin ayrışmasıyla toprağa kazandırdıkları katyon miktarları da daha fazladır (Sarıyıldız 2004).

Topraklarda yangınla beraber CaCO_3 ve Ca değerlerinde karaçamda önemli, meşede önemsiz düzeyde artış belirlenmiştir. Enkazın kaldırılmasından itibaren her iki türde ve derinlikte bu değişkenler bakımından kontrol ve yangın saha grupları (enkazlı ve boşaltılmış sahalar benzer olmakla beraber) birbirinden önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Meşe topraklarının CaCO_3 ve Ca değerleri karaçam topraklarından önemli düzeyde yüksektir. Goforth vd. (2005) yangından sonra yangın öncesi karbonat içeriği düşük toprak yüzeyindeki külde toprağa karışmak üzere yüksek miktarda CaCO_3 birikimi tespit etmişlerdir. CaCO_3 yüzdesindeki değişim Ca miktarındaki değişimle paralellik göstermektedir. Çam ve meşe odun külünde bol miktarda Ca bulunduğu,

küldeki alkalın oksitlerin zaman içinde CO₂ ve su buharı ile reaksiyona girerek çözünebilir hidroksit ve karbonatları oluşturduğu ifade edilmiştir (Etiegni ve Campell 1991, Ulery vd. 1993).Yine Goforth vd. (2005) ibreli ağaçların yoğun bulunduğu bölümden alınan küllerde daha üniform halde oluşan alkalın oksitlerin CaCO₃ oluşumu için alınabilir halde olduğunu belirtmişlerdir.

Yarayışlı fosfor düzeyleri her iki türde yangınla beraber önemli düzeyde artış göstermiştir. pH’ daki artış genellikle demir ve alüminyumda bağlı olan fosforu artırır. Yine yanmış toprakta artan mikrobiyal aktivite organik maddede bağlı fosforu açığa çıkarır (Fisher ve Binkley 2000). Meşe topraklarında P₂O₅ miktarı karaçam topraklarına göre önemli düzeyde yüksektir. Organik fosfor bileşiklerinin ayrışmasında ve mineralizasyonunda topraktaki mikroorganizmaların etkisi büyüktür; uygun pH derecelerinde mikroorganizmalar tarafından önemli miktarda organik fosfor bileşiği mineralize edilmektedir (Kantarcı 2000). Bu tez bulgularına göre; daha düşük C/N oranına sahip meşe topraklarındaki daha yoğun mikrobiyal etkinliğin de P₂O₅ üretimini desteklediği düşünülmektedir.

Organik madde üzerine yangının etkisi önemli olmamakla beraber yanmış topraklarda OM miktarının daha düşük olduğu görülmüştür. Örnekleme döneminin ise üst topraklarda OM’ yi önemli düzeyde etkilemiş, organik maddenin dönemler boyunca (II., III., IV.) azaldığı belirlenmiş, son dönemde OM miktarında bir miktar yükselme tespit edilmiştir. Meşe türü altında gelişen topraklarda OM miktarı önemli düzeyde yüksektir. Yapraklı türlerde iğne yapraklı türlere göre ayrışma daha hızlıdır. İğne yaprakların ayrışarak içindeki besin maddelerinden bitkinin faydalanabileceği humuslaşmayı meydana getirebilmeleri çok uzun zaman alır. Bir araştırmada karaçam meşcerelerinde ölü örtüdeki iğne yaprakların humuslaşması için 5 yıldan fazla bir sürenin geçmesi gerektiği saptanmıştır (Çepel 1975).

Etkisi önemli bulunmamakla birlikte toplam azotta da yangınla beraber artış tespit edilmiştir. Yangınla ısınan toprağın humus mineralizasyonunu buna bağlı olarak nitrifikasyonu artırdığı bildirilmiştir (Çepel 1975).

C/N oranı üzerinde dönem önemli düzeyde etkili bulunmuştur. Bu değişim OM miktarının dönemler boyunca değişimiyle paralellik göstermektedir. C/N oranı üzerinde yangının etkisi önemsiz bulunmakla birlikte karaçam altı topraklarda yangın sahalarında daha düşük bulunmuştur. Her iki türde de en düşük miktar boşaltılmış yangın sahalarında tespit edilmiştir. Dengeli ve sürekli bir ayrışma için C/N oranının yaklaşık 15-25 arasında olması idealdir ve mineralizasyon ile bitki beslenmesi arasındaki denge bakımından arzu edilir (Kantarıcı 2000). III. dönem itibarıyla bütün sahalarda bu oran ideal düzeyinin altında bulunmuştur. Boşaltılmış sahalarda bu düşüş daha barizdir. Hem iklimin etkisi hem de enkazı kaldırılan toprak ısısının artmasının mineralizasyonu artırmış olabileceği düşünülmektedir.

Yangın karaçamda önemli, meşede önemsiz düzeyde olmakla beraber mikrobiyal solunumda (CO_2 çıkışında) artışa neden olmuştur. Yangınla ısınan toprakta mikrobiyal aktivitede artışa bağlı olarak solunum oranının arttığı düşünülmektedir. Örneklem dönemi de mikrobiyal solunum üzerinde önemli düzeyde etkilidir. Solunumun ilkbaharda en yüksek seviyesinde görülmesi bahar mevsiminde mikroorganizmalar için optimum ideal koşulların oluşmasıyla mikrobiyal etkinliğin artışına bağlanabilir. Meşe topraklarında mikrobiyal solunumun önemli düzeyde yüksek olduğu gözlenmiştir.

Mikrobiyal biyokütle karbonu (C_{mic}) üzerine yangın karaçam üst toprakları dışında etkili bulunmamıştır. Ancak bulgulardan anlaşıldığına göre yangınla beraber meşede C_{mic} azalırken karaçamda artmıştır. Bu mikrobiyal biyokütle karbonunun kaynağı olan mikrobiyal yapıların meşe ve karaçam topraklarında farklı olması ve bu yapıların yangından farklı yönde etkilenmelerinden kaynaklanabilir. Yine bu sonuç üzerinde substrat kaynaklarındaki farklılaşma ve yangın şiddeti de etkili olmuş olabilir. Dönem C_{mic} ' yi önemli düzeyde etkilemiş mikrobiyal solunuma benzer olarak, C_{mic} ilkbahar ve yaz mevsiminde en yüksek seviyesinde gözlenmiştir.

$\text{C}_{\text{mic}}/\text{C}_{\text{org}}$ oranı yangından önemli düzeyde etkilenmezken dönemden önemli düzeyde etkilenmiştir. C_{mic} değerlerinde olduğu gibi, bu oran meşede III. dönemde, karaçamda IV. dönemde en yüksek bulunmuştur. Mikrobiyal biyokütle karbonunun (C_{mic}) toplam

karbona (Corg) (Cmic/Corg) oranının düşmesi topraktaki organik maddenin yarayışlılığının azalması anlamına gelmektedir (Brookes 1995).

Yangının genel olarak β -D glikosidaz aktivitesini azalttığı bulunmuştur. Cmic ve Cmic/Corg oranında olduğu gibi bu enzim aktivitesi dönemden önemli düzeyde etkilenmiş meşede III. dönemde, karaçamda IV. dönemde en yüksek seviyesinde gözlenmiştir.

Asit fosfataz aktivitesi istatistiksel olarak yangından (karaçam alt toprakları hariç) önemli düzeyde etkilenmemiştir. Fakat tüm dönemler ortalaması yangın sahalarında bu enzim aktivitesinin daha yüksek olduğunu göstermiş ve bu yüksek değerin IV. dönem (yaz sonu) değerlerinden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Benzer bir bulgu da Boerner vd. (2005) tarafından bildirilmiştir. Asit fosfataz aktivitesi meşe türünde daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Toprakta hazırdaki yüksek yarayışlı fosfor düzeyi mikroorganizmaların asit fosfataz enzimi salgılamasına fırsat vermediğinden enzim aktivitesi düşük bulunmaktadır (Clarholm 1993).

Üreaz aktivitesi yangınla beraber meşe üst topraklarında önemli düzeyde azalma göstermiştir. Akdeniz çam ormanında yangının kısa dönemli etkilerinin incelendiği bir çalışmadan elde edilen bulgulara göre yangından sonra üreaz enzim aktivitesinin azaldığı bildirilmiştir (Hernandez vd. 1997).

Meşe ve karaçam türlerinde kontrol sahalarının enkazlı ve boşaltılmış yangın sahalarından önemli düzeyde farklı olduğu tespit edilmiştir. Grupların ayrılmasında meşede pH, Ca, OM, P_2O_5 , β -D glikosidaz etkili olurken, karaçamda pH, $CaCO_3$, C/N, β -D glikosidaz ve Cmic etkili bulunmuştur. Sonuç olarak, yangının toprak özelliklerini etkilediği, farklı dönemlerde farklı etkiler yaptığı, meşe ve karaçam alanlarında yangından ve dönemden etkilenmenin benzer yönde geliştiği, üst ve alt derinliklerde bazı toprak özelliklerinin farklı bulunduğu ancak her iki türde de değişimin aynı yönde seyrettiği, enkazın kaldırılmasının ise ağaç türüne göre bazı toprak özelliklerini farklı yönde etkilediği ortaya konmuştur.

Karaçam-meşe sahasında çıkan yangının toprak özelliklerini önemli ölçüde olumsuz etkilemediği, aksine yarayışlı formda besin maddelerini artırdığı (P_2O_5 , Ca), organik maddede önemsiz düzeyde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun sahada karaçamın yanında meşe türünün de bulunması ve yangının şiddetinin düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Saf meşcerelere göre karışık karaçam meşcerelerinde yangın sonrası olumsuz etkilerin daha az görüldüğü bilinmektedir (Pausas 2008).

Uygulamanın etkisine bakıldığında ise toprak özellikleri bakımından enkazın kaldırılmasının önemli bir fark yaratmadığı ve sakıncasının bulunmadığı söylenebilir ancak etkisi önemli olmasa da, C/N oranının, boşaltılmış sahalarda ideal düzeyin daha fazla altına düştüğü ve sahayı boşaltmanın yıkanma ile azot kayıplarına yol açabileceğinin göz önünde bulundurulması gerekir.

Karaçam tohumlarının sıcaklıklara hassas olduğu ve rejenerasyon yeteneği düşük olduğu düşünüldüğünde küresel ısınmayla bu meşcerelerde artan yangınların etkisinin tam olarak anlaşılması için saf ve karışık karaçam meşcerelerinde toprak biyolojik parametrelerini de içeren çalışmaların artırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acea, M.J. and Carballas T. 1996. Changes in physiological groups of microorganisms in soil following wildfire. *FEMS Microbiology Ecology*, 20(1), 33-39.
- Acosta-Martínez, V. and Tabatabai, M.A. 2000. Enzyme activities in a limed agricultural soil. *Biology and Fertility of Soils*, 31, 85–91.
- Adams, P.W. and Boyle, J.R. 1980. Effects of fire on soil nutrients in clearcut and whole-tree harvest sites in Central Michigan. *Soil Science Society of America Journal*, 44, 847-850.
- Ahlgren, I.F. and Ahlgren, C.E. 1965. Effects of prescribed burning on soil microorganism in a Minnesota Jack Pine Forests. *Ecology*, 46, 306-310
- Ahlgren, C.E. 1974. Effect of fires on temperate forests: North central United States. In: Kozkolwski, t.t. and Ahlgren, C.E. (eds.) *Fire and ecosystems*. Academic Press, New York, 195-223.
- Altun, L., Bilgili, E. Sağlam, B., Küçük, Ö., Yılmaz, M. and Tüfekçioğlu, A. 2004. Soil organic matter, soil pH and soil nutrient dynamics in forest stands after fire, International Soil Congress (ISC) on Natural Resource Management for Sustainable Development, Erzurum.
- Anonymous. 2014a. Keys to Soil Taxonomy Twelfth ed. NRSC, Natural resources conservation service, United States of Department.
- Anonymous. 2014b. World reference base for soil resources (International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps), FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 181, Rome.
- Anderson, T.H. and Domsch, K.H. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 21, 471-479.
- Arcenegui V., Mataix-Solera J., Guerrero C., Zornoza R., Mataix-Beneyto J. and García-Orenes F. 2008. Immediate effects of wildfires on water repellency and aggregate stability in Mediterranean calcareous soils. *Catena*, 74, 219-226.
- Badía, D. and Martí, C. 2003. Plant ash and heat intensity effects on chemical and physical properties of two contrasting soils. *Arid Land Research and Management*, 17,23-41.
- Balota, E.L., Colozzi-Filho, A., Andrade, D.S. and Hungria, M. 1998. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de Culturas. *R. Bras. Ci. Solo*, 22, 641-649.
- Balota, E.L., Colozzi-Filho, A., Andrade, D.S. and Dick, R.P. 2004. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. *Soil Tillage Research*, 77,137-145.

- Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R. and Spurr, S.H. 1998. Forest Ecology, Fourth Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Barreiro A., Lombao A., Martín A., Carballas T., Fonturbel M.T., Vega J.A., Fernández, C. and Díaz-Raviña M. 2015. Short-term effects of a wildfire on soil properties in Fragas do Eume Natural Park (Galicia, NW Spain), FLAMMA, 6(2), 61-64.
- Bauhus, J., Pare, D. and Cote, L. 1997. Effects of Tree Species Stand Age and Soil Type on Soil Microbial Biomass and its activity in a southern boreal forest. Soil Biology and Biochemistry, 30, 1077-1089.
- Beier, C., Blanck, K., Bredemeier, M., Lamersdorf, N. and Rasmussen, L. 1998. Responses of Soil and Vegetation to Reduced Input of S, N and Acidity to Two Norway Spruce Stands of the EXMAN Project, Forest Ecology and Management, 101, 111–123.
- Bentley, J. R. and Fenner, R. L. 1958. Soil temperatures during burning related to post fire seedbeds on woodland range. Journal of Forest Research, 56, 737-740.
- Berber, A. S., Tavşanoğlu, Ç. ve Turgay, O.C. 2015. Effects of surface fire on soil properties in a mixed chesnut-beech-pine forest in Turkey. FLAMMA, 6(2), 78-80 (In Press).
- Bergkvist, B. ve Folkesson, L., 1995. The Influence of Tree Species on Acid Deposition Proton Budgets and Element Fluxes in South Swedish Forest Ecosystems, Ecological Bulletin, 44, 90–99.
- Bilgili, E. 2009. Wildland Fires, Forest Ecosystems and Soils. 2nd International meeting of Fire Effects on Soil Properties, 11-15 February 2009, Marmaris, Turkey.
- Bisset, J. and Parkinson, D. 1980. Long-term effects of fire on the composition and activity of the soil microflora of a subalpine, coniferous forest. Canadian Journal of Botany, 58, 1704-1721.
- Blank, R.R. and Zamudio, D.C. 1998. The influence of wildfire on aqueous-extractable soil solutes in forested and wet meadow ecosystems along the eastern front of the Sierra-Nevada Range, California. International Journal of Wildland Fire, 8,79-85
- Boerner, R. 1982. Fire and nutrient cycling in temperate ecosystems. BioScience, 32, 187-192.
- Boerner, R.E.J., Decker, K.L.M. and Sutherland, E.K. 2000. Prescribed burning effects on soil enzyme activity in a southern Ohio hardwood forest: a landscape-scale analysis. Soil Biology & Biochemistry, 32, 899–908.
- Boerner, R.E.J., Brinkman J.A. and Smith A. 2005. Seasonal variations in enzyme activity and organic carbon in soil of a burned and unburned hardwood forest. Soil Biology&Biochemistry, 37, 1419-1426.

- Boydak, M. ve alıkoğlu, M. 2008. Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) Biyolojisi ve Silvik lt r . OGEM-VAK Yayını, 117-130, Ankara.
- Boydak, M., Eler,  . ve Pehlivan, N. 1996. Antalya-Elmalı Yöresi Sedirlerinin (*Cedrus libani* Rich.) Genleştirilmesinde Denetimli Yakma ve Diğer bazı Faktörlerin Başarı  zerine Etkileri. Batı Akdeniz Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Teknik Rapor, No:2, 42, Antalya.
- Boydak, M. ve şengönül, K. 1990. Sedinin Doğal Genleştirmesinde Denetimli Yakmanın Etkileri. Uluslararası Sedir Sempozyumu (22-27 Ekim, 1990) Bildirisi. Muhtelif Yayınlar No:59, 422-460, Ankara.
- Brady, N.C. and Weil, R.R. 1999. The Nature and Properties of Soils, Twelfth Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Brookes, P.C. 1995. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. Biol. Fert. Soils, 19, 269–279.
- Burke, R.A., Zepp, R.G., Tarr, M.A., Miller W.L. and Stocks, B.J. 1997. Effect of fire on soil-atmosphere exchange of methane and carbon dioxide in Canadian boreal forest sites. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 102, 29289-29300.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L. and Williams, D. 1983. Fire effects on soil, water, and air. Fire in Forestry. Vol. I: Forest Fire Behaviour and Effects, 171-202.
- 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 and Biochemistry, 34, 263–271.
- Choung Y., Lee B., Cho J., Lee K., Jang I., Kim S., Hong S., Jung H. and Choung, H. 2004. Forest responses to the large-scale east coast fires in Korea. Ecological Research, 19(1), 43–54.
- Christensen, N.L. 1987. The biogeochemical cosequences of fire and their effects on the vegetation of the coastal plain of the southeastern United States. In: The role of fire in ecological systems, L. Trabaud (ed.), SPB Academic Publishing, 1-21, the Hague, The Netherlands.
- Churchill, G.A. 1999. Marketing Research, Methodological Foundations, (7th. Ed) The Dryden Press, Chicago.
- Clarholm, M. 1993. Microbial biomass P, labile P, and acid phosphatase activity in the humus layer of a spruce forest, after repeated additions of fertilizer. Biology and Fertility of Soils, 8, 128–133.
- anakioğlu, H. 1985. Orman Koruma. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 376:-486, İstanbul.

- Çepel, N. 1975. Orman Yangınlarının Mikroklima ve Toprak Özellikleri Üzerine Yaptığı Etkiler. İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt XXV, 1, 71-93.
- DeBano, L.F. and Krammes, J.S., 1966. Water repellent soils and their relation to wildfire temperatures. International Association of Hydrological Sciences, 2, 14-19.
- DeBano, L.F., Dunn, P.H. and Conrad, C.E. 1977. Fire's effect on physical and chemical properties of chapporal soils. In Proc. Int. Symp. on the ebvironmental consequences of fire and fuel management in Mediterranean ecosystems. USDA For. Srv. Gen. Tech. rep. WO-3, Washington, D.C., 65-74.
- DeLuca, T.H. and Zouhar, K.L. 2000. Effects of selection harvest and prescribed fire on the soilnitrogen status of ponderosa pine forests. Forest Ecology and Management, 138, 263-271.
- Dick, W.A. and Tabatabai, M.A.1993. Significance and potential uses of soil enzymes. In: F. Blaine (ed), Soil Microbial Ecology. Application in Agricultural and Enviromental Management, Marcel Dekker, 95-127, New York.
- Dilly, O. and Munch, J.C. 1998. Ratios between estimates of microbial biomass content and microbial activity in soils. Biology and Fertility of Soils, 27, 374-379.
- Dumontet, S., Dinel, H., Scopa, A. Mazzatura, A. and Saracino, A. 1996. Post Fire Soil Microbial Biomass and Nutrient Content of a Pine Forest Soil from a Dunal Mediterranean Environment. Soil Biology and Biochemistry, 28(10), 1467-1475.
- Eash, N.S, Stahl, P.D., Parkin, T.B. and Karlen, D.L. 1996. A simplified method for extraction of ergesterol from soil. Soil Science Society of America Journal, 60, 468-471.
- Eivasi, F. and Bayan, M.R. 1996. Effects of long-term prescribed burning on the activity of selected soil enzymes in an oak-hickory forest. Canadian Journal of Forest Research, 26, 1799-1804.
- Eriksson, E., Karlton, E. and Lundmark, J.E, 1992. Acidification of forest soils in Sweden, Ambiology, 21, 150-154.
- Ergene, A. 1997. Toprak Biliminin Esasları, Genişletilmiş Yedinci Baskı, 0027, Öz Eğitim Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Konya.
- Eron, Z. 1977. Heating effects on forest soil physical properties and subsequent seedling growth. Ph. D., University of Montana.
- Eron, Z. ve Gürbüzer, E. 1988. Marmaris 1979 Yılı Orman Yangını ile Toprak Özelliklerinin Değişimi ve Kızılçam Gençliğinin Gelişimi Arasındaki İlişkiler. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten, 195, Ankara.

- Escudero, A., Sanz, M.V., Pita, J.M. and Pérez-García F. 1999. Probability of germination after heat treatment of native Spanish pines. *Annals of Forest Science*, 56, 511-520.
- Esquelin, A.E.J., Stromberger, M.E. and Shepperd W.D. 2008. Soil scarification and wildfire interactions and effects on microbial communities and carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 72, 111-118.
- Etiegni, L. and Campbell, A.G. 1991. Physical and chemical characteristics of wood ash. *Bioresource Technology*, 37, 173-178.
- Euskirchen, E.S., Chen, J., Gustafson, E.J. and Ma, S. 2003. Soil respiration at dominant patch types within a managed Northern Wisconsin Landscape. *Ecosystems*, 6, 595-607.
- Fernández, I., Cabaneiro, A. and Carballas, T. 1996. Organic matter changes immediately after a wildfire in an Atlantic forest soil and comparison with laboratory soil heating. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 1-11.
- Fisher, R. and Binkley, D. 2000. *Ecology and Management of Forest Soils*, John Wiley & Sons, Inc., 241-261, USA.
- Fitzpatrick, E.A. 1986. *An Introduction to Soil Science*, Second Edition, Longman Scientific and Technical, John Wiley and Sons, New York.
- Forgeard, F. and Frenot, Y. 1987. Evolution of some physical and chemical characteristics of a *Ulex europaeus* heathland soil after a spring burn. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 24(4), 715-728.
- Foth, H.D. 1990. *Fundamentals of Soil Science*, Eighth Edition, John Wiley and Sons.
- Fritze H., Pennanen T. and Pietikainen J. 1993. Recovery of soil microbial biomass and activity from prescribed burning. *Canadian Journal of Forest Research*, 23, 1286-1290.
- Giovannini, G., Lucchesi, S. and Giachetti, M. 1990. Beneficial and detrimental effects of heating on soil quality. In: Goldammer, J.C., Jenkins, M.J. (eds.), *Fire in Ecosystem Dynamics*. SPB Academic Publishing, 95-102, The Hague.
- Goforth B.R., Graham R.C., Hubbert K.R., Zanner C.W. and Minnich R.A. 2005. Spatial distribution and properties of ash and thermally altered soils after high-severity forest fire, southern California. *International Journal of Wildland Fire*, 14, 343-354.
- Grady, K.C. and 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, 123-135.

- Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro-Pedreño, J., García-Orenes, F. and Gómez, I. 2001. Different patterns of aggregate stability in burned and restored soils. *Arid Land Research and Management*, 15, 163-171.
- Gülçur, F. 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 1970, 201-225.
- Habrouk, A., Retana, J. and Espelta, J.M. 1999. Role of heat tolerance and cone protection of seeds in the response of three pine species to wildfires. *Plant Ecology*, 145, 91-99.
- Hamman, S.T., Burke, I.C. and Stromberger, M.E. 2007. Relationships between microbial community structure and soil environmental conditions in a recently burned system. *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 1703-1711.
- Hart, S.C., DeLuca, T.H., Newman, G.S., MacKenzie, D.M. and Boyle, S.I. 2005. Post-fire vegetative dynamics as drivers of microbial community structure and function in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 220, 166-184.
- Henrot, J. and Robertson, G.P. 1994. Vegetation removal in two soils of the humid tropics: effect on microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 26, 111-116.
- Hernandez, T., Garcia, C. and Reinhardt, I. 1997. Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soil. *Biology and Fertility of Soils*, 25 (2), 109-116.
- Hoffman, G. and Teicher, K. 1961. Ein kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Ureaseaktivitat in Boden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, 95 (1), 55-63.
- Höper, H. 2006. Substrate-induced respiration, In: *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*. Bloem, J., Hopkins, D. W., Benedetti, A. (eds), CABI, Wallingford, 84-92.
- Huffman, E.L. and MacDonald, L.H., Stednick, J.D. 2001. Strength and persistence of fire-induced soil hydrophobicity under ponderosa and lodgepole pine, Colorado Front Range. *Hydrological Processes*, 15, 2877-2892.
- Insam, H. 1990. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime? - *Soil Biology and Biochemistry*, 22, 525-532.
- Insam, H. and Öhlinger, R. 1996 Ecophysiological parameters. In: *Methods in Soil Biology*. Eds. F Schinner, R Öhlinger, E Kandeler, R Margesin (eds.), 306-309. Springer Verlag, Berlin.
- Irmak, A. 1953. Arazide ve Laboratuarda toprağın Araştırılması Metodları. İ.Ü. Orman Fak. Yayınları, No:27.
- Jackson, M.L. 1962. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, inc. N.J.

- Jenkinson, D.S. ve Ladd, J.N. 1981. Microbial biomass in soil; measurement and turnover. In: Soil Biochemistry (E.A. Paul and J.N. Ladd Eds), Vol.5, 415-471, Dekker, New York.
- Kaçar, B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı. No:3, Ankara.
- Kalıpsız, A.K. 1984. Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 3194(354), 407, İstanbul.
- Kalıpsız, A.K. 1994. İstatistik Yöntemler, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 3835 (427), 558, İstanbul.
- Kantarıcı, M.D. 2000. Toprak İlmi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 4261, İstanbul.
- Kara, Ö. and Bolat, I. 2009. Short-term effects of wildfire on microbial biomass and abundance in black pine plantation soils in Turkey. *Ecological Indicators*, 9, 1151-1155.
- Kavgacı, A. ve Tavşanoğlu Ç. 2010. Akdeniz tipi ekosistemlerde yangın sonrası vejetasyon dinamiği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A (2), 149-166.
- Kaye, J.P., Hart, S.C., Cobb, R.C. and Stone, J.E. 1999. Water and nutrient outflow following the ecological restoration of a ponderosa pine-bunchgrass ecosystem. *Restoration Ecology*, 7, 252-261.
- Kemper, W.D. and Chepil, W.S. 1965. Size distribution of aggregates. In C.A. Black et al (eds.) *Methods of soil analysis*. Part 1. *Agronomy*, 9, 499-510.
- Khanna, P.K. and Raison, R.J. 1986 Effect of fire intensity on solution chemistry of surface soil under a *Eucalyptus pauciflora* forest. *Australian Journal of Soil Research*, 24, 423-434.
- Khanna, P.K., Raison, R.J. and Falkiner, R.A. 1994. Chemical properties of ash derived from *Eucalyptus* litter and its effects on forest soils. *Forest Ecology Management*, 66, 107-125.
- Klemmedson, J.O. 1992. Decomposition and nutrient release from mixtures of Gambel oak and Panderosa pine. *Forest Ecology and Management*, 47(1-4), 349-361.
- Köster, K., Berninger, F., Lindén, A. and Pumpanen J. 2015. The effect of fungal and microbial biomass on soil organic matter pool in Boreal forest after fire. *FLAMMA*, 6 (1), 5-7.
- Kutiel, P. and Shaviv, A. 1992. Effects of soil type, plant composition and leaching on soil Nutrients following a simulated forest fire. *Forest Ecology and Management*, 53, 329-343.

- Küçük, M. 2006. Genç karaçam meşcerelerinde yangının toprak solunumu, kök kütlesi ve toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 61, Artvin.
- Ludwig, B., Khanna, P.K., Raison, R.J. and Jacobsen, K.L. 1998. Modelling cation composition of soil extracts under ashbeds following an intense slashfire in a eucalypt forest. *Forest Ecology and Management*, 103, 9–20.
- Mabuhay, J.A., Nakagoshi, N. and Isagi, Y. 2006. Soil Microbial Biomass, Abundance, and Diversity, in a Japanese red pine Forest: first year after fire. *J. For. Res.* 11, 165-173.
- Martínez-Murillo, J.F., Ruiz-Sinoga, J.D., Hueso, P. and Jiménez, V. 2014. Modifications of soil properties after fire in a sub-humid Mediterranean climate (south of Spain). *FLAMMA*, 5(2), 79-82.
- Mataix-Solera, J. and Doerr, S.H. 2004. Hydrophobicity and aggregate stability in calcereous topsoils from fire-affected pine forests in southeastern Spain. *Geoderma*, 118, 77-88.
- Mermut, A.R., Luk, S.H., Romkens, M.J.M. and Poesen, J.W.A. 1997. Soil loss by splash and wash during rainfall from two loess soils. *Geoderma*, 75, 203–214.
- Miller, R.W. and Donahue, R.L. 1990. *Soils*, Sixth Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Nannipieri, P. 1994. The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. In: Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R., Grace, P.R. (Eds.), *Soil Biota: Management and Sustainable Farming Systems*. CSIRO, Australia, 238–244.
- Naseby, D.C. and Lynch, J.M. 1997. Rhizosphere soil enzymes as indicators of perturbation caused by enzyme substrate addition and inoculation of a genetically modified strain of *Pseudomonas fluorescens* on wheat seed. *Soil Biology & Biochemistry*, 29, 1353-1362.
- Neary, D.G., Klopatek, C.C, De Bano, L.F. and Ffolliott, P.F. 1999. Fire Effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management* 122, 51-71.
- Neyişçi, T. 1989. Kızılçam orman ekosistemlerinde denetimli yakmanın toprak kimyasal özellikleri ve fidan gelişimi üzerine etkileri. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi*, 205.
- Neyişçi, T., Şirin, G. ve Sarıbaşak, H. 2002. Batı Akdeniz Bölgesinde orman yangını tehlikesinin düşürülmesinde denetimli yakma tekniğinin uygulanma olanakları. *Türkiye Ormancılar Derneği Yayını*, 2, Ankara.

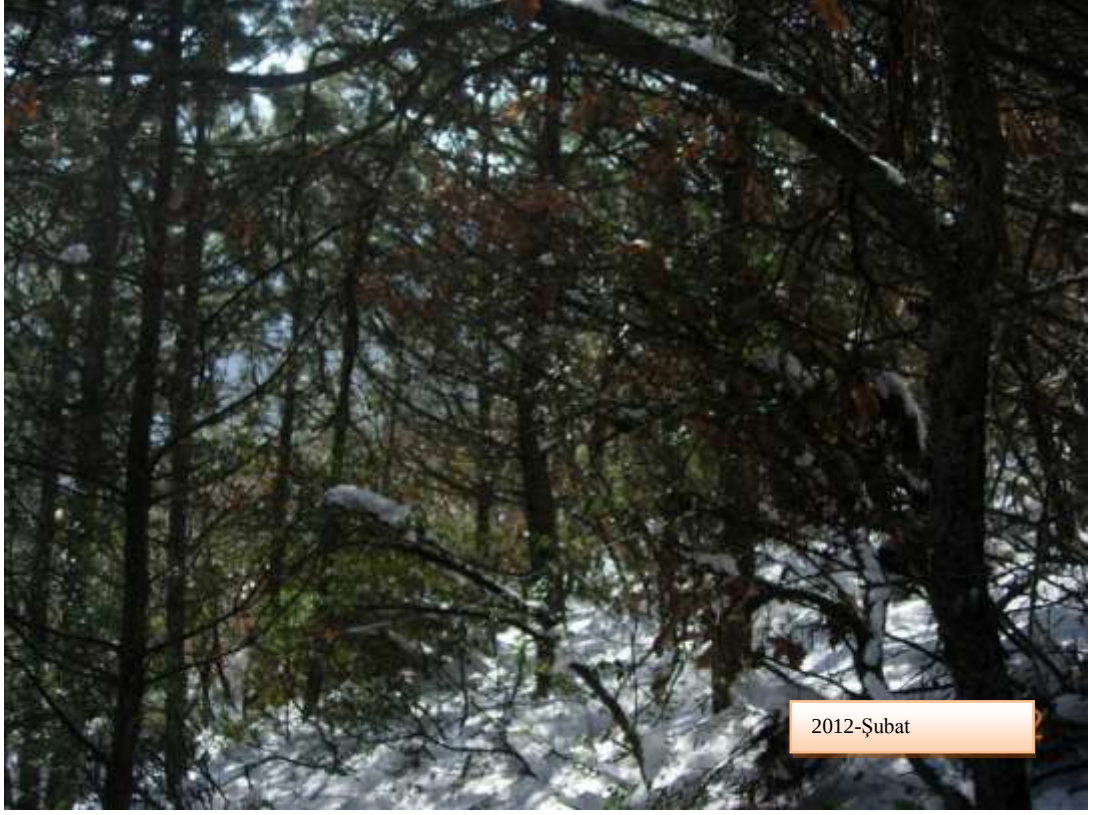
- Ocio, J.A., Brookes, P.C. and Jenkinson, D.S. 1991. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N. *Soil Biology & Biochemistry*, 23, 171-176.
- O'Neill, K.P., Kasischke, E.S. and Richter, D.D. 2002. Environmental controls on soil CO₂ flux following fire in black spruce, white spruce, and aspen stands of interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, 32, 1525–1541.
- Orioli, G.A. and Curvetto, N.R. 1978. Oswald, B.P., Davenport, D. and Neuenschwander, L.F. 1999. Effects of slash pile burning on the physical and chemical soil properties of Vassar soils. *Journal of Sustainable Forestry*, 8, 75–86.
- Özdamar, K. 2004a. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1, 5.Baskı, Kaan Kitabevi, 649, Eskişehir.
- Özdamar, K. 2004b. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-2, 5.Baskı, Kaan Kitabevi, 528, Eskişehir.
- Paul, E.A. and Clark, F.E. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*, 2nd ed. Academic Press Inc., 340, San Diego.
- Pausas, J.G. 2004. Changes in fire and climate in the Eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin). *Climatic Change*, 63, 337-350.
- Pausas, J.G., Llovet, J., Rodrigo, A. and Vallejo, R. 2008. Are wildfires a disaster in the Mediterranean Basin?-A Review. *International Journal of Wildland Fire*, 17, 713-723.
- Pietikainen, J. and Fritze, H. 1993. Microbial Biomass activity in the humus layer following burning: Short-term effects of two different fires. *Canadian Journal of Forest Research*, 23, 1275-1285.
- Pietikainen, J., Hiukka, R. and Fritze, H. 2000. Does short-term heating of forest humus changes its properties as a substrate for microbes. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 277-288.
- Prieto-Fernández, A., Acea, M. J. and Carballas, T. 1998. Soil microbial and extractable C and N after fire. *Biology and Fertility of Soils*, 27, 132-142.
- Richards, L.A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils* (Agricultural Handbook No. 60). US Salinity Laboratory. USDA. 159, Washington.
- Rothermel, R.C. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Res. Pap. INT-115., 40, Ogden.
- Robichaud, P.R. 2000. Fire effects on infiltration rates after prescribed fire in Northern Rocky Mountain forests, USA. *Journal of Hydrology*, 231-232, 220-229.

- Saa, A., Trasar-Cepeda, M.C., Gil-Sotres, F. and Carballas, T. 1993. Changes in soil phosphorus and acid phosphatase activity immediately following forest fires. *Soil Biology & Biochemistry*, 25, 1223–1230.
- Sarıyıldız T. 2004. Toprak asitliği üzerinde ağaç türleri, tepe yapıları ve mevsimlerin etkisi. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 3-4, 220-231.
- Simard, D.G., Fyles, J.W., Pare', D. and Nguyen, T. 2001. Impacts of clearcut harvesting and wildfire on soil nutrient status in the Quebec boreal forest. *Canadian Journal of Soil Science*, 81, 229–237.
- Smith, N.R., Kishchuk B.E. and Mohn, W.W. 2008. Effects of wildfire and harvest disturbances on forest soil bacterial communities. *Applied and Environment Microbiology*, 74, 216-224.
- Smith, D.R., Kaduk, J.D., Balzter ,H., Wooster, M.J., Mottram, G.N., Hartley, G., Lynham, T.J., Studens, J., Curry, J. and Stocks, B.J., 2010. Soil surface CO₂ flux increases with successional time in a fire scar chronosequence of Canadian boreal jack pine forest. *Biogeosciences* 7, 1375-1381.
- Sparling, G.P. 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: Pankhurst, C., Doube, B.M. and Gupta, V.V.S.R., eds. 1997. *Biological indicators of soil health.*, CAB International, 97-119, London.
- Swallow, M., Quideau, S.A., MacKenzie, M.D. and Kishcuk, B.E. 2009. Microbial community structure and function: The effect of sivicultural burning and topographic variability in northern Alberta. *Soil Biology&Biochemistry*, 1-8.
- Şengönül, K. 1984. Marmara-Armutlu Yarımadası Koşullarında Güç Islanan Toprakların Oluşumu Üzerinde Etkili Olan Faktörler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, 363, İstanbul.
- Tapias, R., Gil, L., Fuentes-Utrilla, P. and Pardos, J.A. 2001. Canopy seed banks in Mediterranean pines of south eastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. *Journal of Ecology*, 89, 629–638.
- Tavşanoğlu, Ç. 2008. The Effects of aspect on post-fire recovery of a mixed Lebanon Cedar- Anatolian Black Pine Forest: after the first 5 years. *Assian Journal of Plant Science*, 7(7), 696-699.
- Tavşanoğlu, Ç. and Gürkan, B., 2010 Physical and chemical properties of the soils at burned and unburned *Pinus brutia* Ten. forest sites in the Marmaris region. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 38(1), 71-76.
- Thomas, A. D., Walsh, R. P.D. and Shakesby, R. A. 1999. Nutrient losses in eroded sediment after fire in eucalyptus and pine forests in the wet Mediterranean environment of northern Portugal. *Catena*, 36, 283–302.

- Tomkins, I.B., Kellas, J.D., Tolhurst, K.G. and Oswin, D.A. 1991. Effects of fire intensity on soil chemistry in a eucalypt [*Eucalyptus* sp.] forest. Australian Journal of Soil Research, 29, 25–47.
- Trabaud, L. 1983. The effects of different fire regimes on soil nutrient levels in *Quercus coccifera* garrigue. In: Mediterranean-type Ecosystems. F. J. Kruger, D.T. Mitchell and J.U.M. Jarvis (eds.), The Role of Nutrients, Springer, 233-243, Berlin.
- Trabaud, L. and Campant, C. 1991. Difficulté de recolonisation naturelle du pin de Salzmann *Pinus nigra* Arn. spp. *salzmanii* (Dunal) Franco après incendie. Biological Conservation, 58, 329-343.
- Treseder, K.K., Mack, M.C. and Cross, A. 2004. Relationships among fire, fungi, and soil dynamics in Alaskan boreal forests. Ecological Applications, 14, 1826-1838.
- Turgay, O.C., Lumbanraja, J., Yusnaini, S. and Nonaka, M. 2002. Effect of land degradation on soil microbial biomass in a hilly area of south Sumatra, Indonesia. Soil Science Plant Nutrition, 48(5), 769-774.
- Tüfekçioğlu, A., Güner, S. and Küçük, M. 2004. Root biomass and carbon storage in oriental spruce and beech stands in Artvin, Turkey. Journal of Environmental Biology, 25(1), 317-320.
- Tüzüner, A. 1990. Toprak ve Su analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ulery, A.L., Graham, R.C. and Amrhein, C. 1993. Wood-ash composition and soil pH following intense burning Soil Science, 156, 358-364.
- Ülgen, N. ve Ateşalp, M. 1972. Toprakta Bitki Tarafından Alınabilir Fosfor Tayini, Köy İşleri Bakanlığı, Toprak Su Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Yayınlar Serisi, Sayı 21, Ankara.
- Van Cleve, K. and Dyrness, C.T. 1985. The effect of the Rosie Creek Fire on soil fertility. In: Early results of the Rosie Creek Fire Research Project 1984, G. Juday and C.T. Cyrness (eds.) Agricultural and Forestry Experiment Station Miscellaneous Publication, 85-2, 7-11, University of Alaska, Fairbanks.
- Vance, E.D., Brookes, P.C. and Jenkinson, D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass. Soil Biology and Biochemistry, 19, 703-707.
- Vazquez, F.J., Acea, M.J. and Carballas, T. 1993. Soil microbial populations after wildfire. FEMS Microbiology Ecology, 13(2), 93-103.
- Villar, M.C., Petrikova, V., Diaz-Ravina, M. and Carballas, T. 2004. Changes in soil microbial biomass and aggregate stability following burning and soil rehabilitation. Geoderma, 122, 73-82.

- West, A.W. 1986. Improvement of the selective respiratory inhibition technique to measure eukaryote: prokaryote ratios in soils. *Journal of Microbial Methods* 5, 125-138.
- Wolfson, B.A.C., Kolb, T.E., Sieg, T.H. and Clancy, K.M. 2005. Effects of post-fire conditions on germination and seedling success of diffuse knapweed in northern Arizona. *Forest Ecology and Management*, 216, 342–358.
- Woodmanse, R.G. and Wallach, L.S. 1981. Effects of fire regimes on biochemical cycles. In: *Fire regimes and ecosystem properties*, H.A. Mooney, T.M. Bonnicksen, N.L. Christensen, J.E. Lotan, and W.A. Reiners (eds.) USDA Forest Service General Technical Report WO-26, 379-400.
- Woodwell, G.M., Whittaker, R.H. and Hoghton, R.A. 1975. Nutrient concentrations in plants in the Brookhaven oak-pine forest. *Ecology*, 56, 318-332.
- Wright, E. and Tarrant, R.F. 1957. Microbiological soil properties after logging and slash burning. U.S. Forest Serv. Pacific Northwest Forest and Range Experimentel Research Note, 157,5.
- Wu, J., O'Donnel, A. G., He, Z. L. and Syers, J. K. 1994. Fumigationextraction method for the measurement of soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 26, 117–125.
- Yücel, E. 2002. Eskişehir’de yanan orman alanlarının ağaçlandırılması için ağaç ve fidan tipinin belirlenmesi. *Çevre Koruma*, 11(45), 28-36.
- Yıldız, O., Esen, D., Sargıncı, M. and Toprak, B. 2010. Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia*, Ten) Ecosystems. *Journal of Environmental Biology*, 31, 11-13.
- Zavala, L.M., Granged, A.P., Jordán, A. and Bárcenas-Moreno, G. 2010. Effect of burning temperature on water repellency and aggregate stability in forest soils under laboratory conditions. *Geoderma*, 158, 366-374.

EK 1 Sahadan Görüntüler



2012-Şubat

Kontrol sahası - Karaçam



2012-Şubat

Kontrol sahası - Meşe



2014-Haziran

Kontrol sahası - Meşe

EK 1 Sadan Görüntüler (devamı)



Yangın sahası

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Aliye Sepken Kaptanoğlu Berber

Doğum Yeri : Kahramanmaraş

Doğum Tarihi : 1975

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kahramanmaraş Çukurova Elektrik Anadolu Lisesi

Lisans : İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği, 1999

Yüksek Lisans : KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği, Eylül, 1999-Şubat, 2001

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Orman Kadastro Komisyonları Koordinatörlüğü 2000-2001

Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü, Gülek Orman İşletme Şefi 2001-2004

Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Çağlayancerit Orm.İşl.Şefi 2004-2005

Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü- Plan Proje Şube Müdürlüğü 2005-2007

Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü Makine İkmal Şube Müdürlüğü 2007-2009

Eskişehir Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitü Müdürlüğü 2009-..

Hakemli Dergiler

Kaptanoğlu Berber A. S., Farasat S. and Namlı A., 2014. Afforestation Effects on Soil Biochemical Properties. Euroasian Journal of Forest Science, 1(1), 25-34.

Berber A. S., Tavşanoğlu Ç. and Turgay O.C., 2015. Effects of surface fire on soil properties in a mixed chesnut-beech-pine forest in Turkey. FLAMMA, 6(2), 78-80 (In Press).

Uluslararası Kongre Sunum

Berber, A.S. and Namlı A., 2012. Afforestation Effects on Physical, Chemical and Biological Soil Properties. VIII. International Soil Science Congress “Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management” ,Çeşme, İzmir, TURKEY, May.

Berber A.S., Tavşanoğlu Ç., Turgay O.C., 2013. Effects of surface fire on soil properties in a mixed chesnut-beech-pine forest in Turkey. International Meeting of Fire Effects on Soil Properties (FESP4), 02-05 July, Vilnius, Lithuania.