

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Şahin CENKSEVEN

**DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNDE YETİŞEN FARKLI YAŞLARDAKİ
Eucalyptus camaldulensis Dehn. PLANTASYONLARINDA TOPRAK
ORGANİK MADDE MİNERALİZASYONUNUN MEVSİMSEL OLARAK
KARŞILAŞTIRILMASI**

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2013

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNDE YETİŞEN FARKLI YAŞLARDAKİ
Eucalyptus camaldulensis Dehn. PLANTASYONLARINDA TOPRAK
ORGANİK MADDE MİNERALİZASYONUNUN MEVSİMSEL OLARAK
KARŞILAŞTIRILMASI**

Şahin CENKSEVEN

DOKTORA TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 19/09/2013 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Cengiz DARICI
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ
ÜYE

.....
Prof. Dr. Sadık DİNÇER
ÜYE

.....
Prof. Dr. Hatice KORKMAZ GÜVENMEZ
ÜYE

.....
Doç. Dr. Hüsnüye AKA SAĞLIKER
ÜYE

Bu Tez Enstitümüzün Biyoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FEF2010D14**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

**DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNDE YETİŞEN FARKLI YAŞLARDAKİ
Eucalyptus camaldulensis Dehn. PLANTASYONLARINDA TOPRAK
ORGANİK MADDE MİNERALİZASYONUNUN MEVSİMSEL OLARAK
KARŞILAŞTIRILMASI**

Şahin CENKSEVEN

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Cengiz DARICI

Yıl: 2013, Sayfa: 83

Jüri : Prof. Dr. Cengiz DARICI

Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ

Prof. Dr. Sadık DİNÇER

Prof. Dr. Hatice KORKMAZ GÜVENMEZ

Doç. Dr. Hüsniye AKA SAĞLIKER

Tarsus-Karabucak'ta 3 farklı yaştaki (5, 7 ve 10 yaş) *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. (Okalıptüs) plantasyonları (S3) ile bitişindeki ağaç kesimi (S2) ve toprak sürümü (S1) ile müdahale edilen parsellerinden her 3 yıl boyunca 3 ayda bir toplam 9 kez toprak örnekleri alınmıştır. Bu alanlarda mevsimsel değişimlerin olası etkilerini ve bunlara sistemin cevabını ortaya koymak amacıyla toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile dehidrogenaz aktivitesi ve karbon mineralizasyonu (28°C, 30 gün) incelenmiştir.

Toprakların karbon (%C) ve azot (%N) içeriklerindeki dönemsel artış ve azalışların topraklara yapılan müdahalelerden çok, örnek alım dönemleri arasındaki mevsimsel farklılıklardan kaynaklandığı belirlenmiştir.

Dehidrogenaz aktiviteleri parseller arasında genelde birbirine yakın olup düşük düzeylerde. Sonbaharda ve ilkbaharda yüksek olan karbon mineralizasyonu kış ve yaz aylarında daha düşük olmuş, 5 yaşta 7 ve 10 yaşa göre genelde daha yüksek bulunmuştur. Parsellerin karbon mineralizasyon sonuçları S3 > S2 > S1 olarak sıralanmıştır. Okalıptüs topraklarında karbon mineralizasyonu üç yılda çok fazla değişmemiş olup bu sonuç karbonun toprakta tutulması bakımından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: *Eucalyptus camaldulensis*, Toprak, Organik Madde, Azot, Karbon mineralizasyonu

ABSTRACT

Ph.D THESIS

SEASONAL COMPARISON OF ORGANIC MATTER MINERALIZATION IN DIFFERENT AGED <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn. PLANTATIONS IN EAST MEDITERRANEAN REGION

Şahin CENKSEVEN

**CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF BIOLOGY**

Supervisor : Prof. Dr. Cengiz DARICI

Year: 2013, Pages: 83

Jury : Prof. Dr. Cengiz DARICI

: Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ

: Prof. Dr. Sadık DİNÇER

: Prof. Dr. Hatice KORKMAZ GÜVENMEZ

: Assoc. Prof. Dr. Hüsnüye AKA SAĞLIKER

A total of nine soil samples were taken from three different aged (5, 7 and 10 years old) *Eucalyptus camaldulensis* tree once in every three months, one from the planted area (S3), one from a near intervened area by cutting trees (S2) and one from the plowed area (S1). Physical and chemical properties of soils together with dehydrogenase activity and carbon mineralization (28°C, 30 days) were investigated to show the effects of seasonal changes and its response to the system.

The reason for the observed periodical fluctuations in carbon (%) and nitrogen (%) contents of soil were due to seasonal differences between sampling periods rather than land management practices on soils.

Dehydrogenase activities were similar and low at all parcels. Carbon mineralization levels were high in autumn and spring compared with winter and summer, while being higher in 5 year old plantation then in 7 and 10 years. Carbon mineralization rates of the parcels were in the order S3 > S2 > S1. Carbon mineralization in *Eucalyptus* soils showed no significant differences during the three years of study, which is important in soil carbon sequestration.

Key Words: *Eucalyptus camaldulensis*, Soil, Organic Matter, Nitrogen, Carbon mineralization

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi ve yürütülmesinde desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Cengiz DARICI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca her zaman yanımda olan arkadaşlarım Arş. Gör. Burak KOÇAK, Uzman Biyolog Ahu KUTLAY, Uzman Biyolog Nacide KIZILDAĞ, Yüksek Ziraat Mühendisi Murat ŞİMŞEK'e ve çalışmama maddi destek sağlayan Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonuna ayrı ayrı teşekkürler ederim.

Özellikle, eğitim hayatımda bana rehber olan sevgili ablam Yrd. Doç. Dr. Fulya CENKSEVEN ÖNDER'e ve aileme de en derin teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Toprak Organik Maddesi.....	2
1.2. Toprak Organik Madde Döngüsü.....	2
1.3. Toprak Organik Madde Dinamikleri	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
3. MATERYAL VE METOD	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1.Okaliptüs'ün Botanik Özellikleri	21
3.1.2. Okaliptüsün Yayılış Alanları.....	22
3.1.3. Araştırma Alanının Coğrafik Konumu ve Özellikleri.....	23
3.1.4. Toprak	24
3.1.5. İklim	25
3.1.6. Vejetasyon.....	26
3.2. Metod.....	26
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması.....	31
3.2.2. Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri	31
3.2.3. Dehidrogenaz Aktivitesi.....	32
3.2.4. Toprakta CO ₂ Metodu ile Karbon Mineralizasyonu	32
3.2.5. İstatistik Analiz Yöntemleri	34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	35
4.1. Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Analizlerinin Sonuçları	35
4.2. Toprak Karbon İçeriği (% C)	37
4.3. Toprak Azot İçeriği (% N)	42

4.4. Karbon-Azot (C/N) Oranı	45
4.5. Dehidrogenaz Aktivitesi.....	47
4.6. Toprak Organik Madde (Karbon) Mineralizasyonu.....	50
4.7. Karbon Mineralizasyon Oranı	60
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Tarsus'un uzun yıllar iklim verileri (1950-2004)	25
Çizelge 3.2. Farklı Yaşlardaki Okaliptüslerde Toprak Örnekleme Dönemleri.....	31
Çizelge 4.1. 5, 7 ve 10 yaşlı <i>Eucalyptus camaldulensis</i> araştırma alanı topraklarının müdahale öncesi fiziksel ve kimyasal analizlerinin ortalama sonuçları ve standart hata değerleri ($n = 9$).....	36
Çizelge 4.2. <i>E. Camaldulensis</i> alanlarında müdahale edilen (S1,S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların mevsimsel karbon içerikleri (% C)	38
Çizelge 4.3. <i>E. Camaldulensis</i> alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların azot (% N) içerikleri.....	44
Çizelge 4.4. <i>E. Camaldulensis</i> alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların C/N oranları.....	46
Çizelge 4.5. Müdahale edilen (S1,S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların dehidrogenaz aktivite sonuçları	48
Çizelge 4.6. Mevsime göre, dehidrogenaz aktivitesi sonuçları arasındaki varyasyonlar	49
Çizelge 4.7. <i>E. Camaldulensis</i> alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların kümülatif karbon mineralizasyon sonuçları (30 gün)	56
Çizelge 4.8. <i>E. Camaldulensis</i> alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların karbon mineralizasyon oranları	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Toprakaltı Karbon Döngüsünün Havuzlara Ayrılmış Kavramsal Modeli...	5
Şekil 3.1. Türkiye’de Okaliptüsün Yayılış Alanları.....	23
Şekil 3.2. Çalışma alanının uydu görüntüsü	24
Şekil 3.3. 2009 - 2012 örnekleme döneminde Tarsus’da aylık ortalama sıcaklık ve yağış grafiği	26
Şekil 3.4. Ağaçları Kesilip sürülmüş parsel (S1)	27
Şekil 3.5. Ağaçları Kesilip sürülmemiş parsel (S2)	28
Şekil 3.6. Müdahale edilmemiş parsel (S3)	29
Şekil 3.7. Araştırma alanı Deneme Deseni	30
Şekil 4.1. Müdahale edilen (S1,S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların karbon (% C) içerikleri	39
Şekil 4.2. 5, 7 ve 10 yaş <i>E. Camaldulensis</i> alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların karbon içeriklerinin (%) mevsimsel değişimi	40
Şekil 4.3. <i>E. Camaldulensis</i> alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların dehidrogenaz aktivitelerinin mevsimsel değişimi	48
Şekil 4.4. Ekim 2009 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri [mg C(CO ₂)/100g Toprak (30 gün)].....	51
Şekil 4.5. Nisan 2010 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri	51
Şekil 4.6. Temmuz 2010 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri	52
Şekil 4.7. Ekim 2010 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri	52
Şekil 4.8. Nisan 2011 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri	53

Şekil 4.9. Temmuz 2011 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri.....	53
Şekil 4.10. Ekim 2011 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri.....	54
Şekil 4.11. Ocak 2012 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri.....	54
Şekil 4.12. Nisan 2012 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri.....	55
Şekil 4.13. Okaliptüs toprak örneklerinin kümülatif karbon mineralizasyonun mevsimsel değişimi	58
Şekil 4.14. <i>E. Camaldulensis</i> 'in müdahale edilen (S1,S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların C mineralizasyon oranları (%)	63

1. GİRİŞ

İnsanlığın geleceğini tehdit eden en önemli çevre sorunlarının başında küresel iklim değişimi gelmektedir. Bu durumun ortaya çıkmasındaki başlıca etken atmosferdeki CO₂, CH₄ ve N₂O gibi sera gazlarının konsantrasyonlarındaki artıştır. (Schimel ve ark., 2000; Nowak ve Crane, 2002; IPCC, 2007). Bu gazlar içerisinde en önemlisi karbondioksit olup (Heimann ve Reichstein, 2008) yılda yaklaşık 75 Pg CO₂-C'u (P=10¹⁵) toprak organik maddesinin ayrıştırılması ile ortaya çıkmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı ile atmosfere karışan CO₂ miktarı ise yaklaşık 6 Pg CO₂-C/yıl' dır (Luo ve Zhou, 2006; Favoino ve Hogg, 2008).

Son zamanlarda karbon döngüsü ve iklim değişimi arasındaki ilişki çok ilgi çekmektedir. Atmosferdeki CO₂'in miktarını azaltmak için salımların sınırlandırılması gibi önlemler üzerinde durulmakta (Kyoto Protokolü) ve toplam karbon salınımı ile iklim değişimleri arasındaki ilişki matematiksel modellerle açıklanarak geleceğe ilişkin tahminler yapılmaktadır (Giardina ve ark., 2005).

İklimle bağlı olarak değişen çevre koşulları bitki ve hayvan türlerini güçlü bir şekilde etkileyerek karasal ekosistemlerin yapısını da değiştirebilecektir (Foley ve ark., 2003). Topraklarda karbon depolanması ve solunum yoluyla CO₂'in salınımını düzenleyip değiştirebilecek en önemli karasal ekosistemler ormanlar olup biyomas artışı ve toprakta karbon depolayarak atmosfere salınımları azaltabilmektedir (Sampson 1995; Brown ve ark 1996). Örneğin Okaliptüs ormanları atmosferdeki karbondioksit karbonunu oldukça yüksek düzeyde tutma kapasiteleri sayesinde yüksek miktarda biyomas üretmektedirler (Schumacher ve ark. 2003).

Toprakların da değişen çevre koşullarına tepkisini daha iyi anlamak için çok yönlü verilere ve bunlar arasındaki ilişkilerin bilinmesine ihtiyaç vardır (Powlson ve ark., 2010).

1.1. Toprak Organik Maddesi

Toprak organik maddesi, ayrışmanın çeşitli fazlarındaki bitki ve hayvan kalıntıları, toprak organizmalarının hücre ve dokuları ile tamamen ayrılmış bileşiklerin toplamı olarak tanımlanmaktadır (Brady ve Weil, 1999).

Canlı organizmalar toprak organik maddesinin oluşumunda kritik öneme sahiptir. Bitki kökleri ve fauna toprak organik materyalinin fiziksel olarak ayrışmasına ve hareketine katkı sağlarlar. Ağaç türü ve yaşı, ana materyal, tekstür, biyolojik varlıklar, zaman ve değişen çevre koşulları toprak organik maddesinin içeriği ve miktarı üzerinde etkili olmaktadır (Paul ve ark., 2002; Shi ve Cui, 2010).

Toprak organik maddesi toprağın ekolojik dengesinin devamlılığında en önemli faktör olup toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine olumlu etkileri vardır (Franzluebbers, 2002). Agregat stabilitesini arttırarak toprağın su ve rüzgar erozyonuna karşı daha dayanıklı olmasını, iyi havalanmasını ve su almasını sağlar. Ayrıca mikroorganizmaların ve bitki köklerinin gelişmesi için de iyi bir ortam hazırlar (Aşkın ve ark., 2004; Tisdale ve ark., 2004). Biyolojik olayların kaynağı ve bitkilere devamlı bir besin deposudur (Staben ve ark., 1997; Zhang ve ark., 2009).

1.2. Toprak Organik Madde Döngüsü

Toprak organik madde döngüsü, toprak mikroorganizmaları tarafından yürütülen 4 ana işlemle gerçekleşir (McCauley ve ark., 2003):

- Organik kalıntıların ayrışması,
- Organik madde mineralizasyonu,
- Organik karbon ve besinlerin bir havuzdan diğerine taşınması,
- Kimyasal oksidasyon ve mikrobiyal solunum yoluyla meydana gelen CO₂'in sürekli salınımıdır.

Toprak organik maddesinin ayrışması ve bitkilere yararlılı mineraller haline getirilmesi toprak mikroflorasının yani bakteriler, aktinomisetler ve mantarların ortak

faaliyetleri ile gerçekleşir. Çoğunluğu heterotrof olan toprak mikroorganizmaları, salgıladıkları enzimlerle organik maddenin yapısında bulunan nişasta, protein, selüloz, lignin gibi kompleks bileşikler, mikroorganizmalar ve bitkilerin alabileceği formlara dönüştürmektedir (Jonasson ve ark., 1996; Kurzatkowski, 2004; Raiesi, 2006).

Ölüörtü, kök ve hayvan atıkları ile toprağa taşınan organik karbonun çoğu organik maddenin parçalanması ve heterotrofik solunum sonucu CO₂ olarak atmosfere salınmakta, kalan kısım ise toprakta ikincil karbonatlara dönüşmektedir. Toprak mikroorganizmaları besin ve enerji kaynağı olan organik maddenin mineralizasyonunda baskın bir rol oynayarak (Tate 2000; Tüfekçioğlu ve ark., 2001) topraktan atmosfere doğru karbon salınımında en fazla katkıyı yapmaktadırlar (Deyn ve ark., 2008).

Organik madde ayrıştırılması bütün heterotrofların bir özelliği olduğundan, mikrobiyal aktivitenin göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bu işlev sonucu aerobik ayrışma koşullarının son ürünü olarak CO₂ çıktığı için, belirli bir biyokütle içeren toprağın oksijen tüketimi ve CO₂ oluşturması “toprak solunumu” olarak tanımlanmaktadır (Haktanır ve Arcak, 1997).

Toprak solunumunun şiddeti pek çok faktöre bağlı olup en önemlisi organik madde miktarıdır. Ayrıca havalanma, su miktarı, sıcaklık ve pH gibi faktörler de topraktan CO₂ çıkışını önemli ölçüde etkilemektedir. Aerob toprak flora ve faunası ile bitkilerin toprak istekleri hemen hemen birbirinin aynıdır. Bu nedenle verimli toprakların biyolojik aktivitesi de yüksektir (Çolak, 1995).

Topraktan CO₂ çıkışı ritmik mevsim ve hava değişimlerinin etkisi altında olup genellikle orman topraklarında mikroorganizma sayısına paralel olarak kışın minimuma inmekte, yazın ise maksimuma çıkmaktadır. Bu CO₂'in 2/3'ü mikroorganizma faaliyeti, 1/3'e yakını bitki kök solunumu, çok az kısmının da fauna solunumundan kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Çolak, 1988; Özbek ve ark., 1993).

Soğuk iklim bölgelerinde ayrışma yavaş olup organik materyaller biriktiği için atmosfere dönen CO₂ miktarı azalmaktadır. Sıcak ve nemli iklim bölgelerinde ise ayrışma ve CO₂ salınımı genellikle daha hızlıdır. Fakat sıcak ve kurak bölgelerde

organik C girdisinin azlığına bağlı olarak oluşan CO₂ miktarı ve C birikimi sınırlıdır. Ilıman iklimlerde ise ayrışma hızı üzerinde substrat kalitesi daha etkili olmaktadır (Brady ve Weil, 1999).

Toprak solunumu doğal olarak bitki türü ve bitki örtüsü ile de doğrudan ilişkilidir. Yan yana olan bitki türleri arasında bile farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bitki türleri arasındaki farklılık toprakta C dönüşümünün ve bunun çevre ve iklime etkisinin kontrol edilmesi bakımından önemlidir (Raich ve Tufekçioğlu, 2000). Ayrıca, bitki türlerinin toprak mikroorganizma çeşitliliğini değiştirebileceği ifade edilmektedir (Xiao ve Zheng, 2001; Zak ve ark., 2003).

Topraktaki toplam mikroorganizma sayısı ve dağılımı, mikrobiyal O₂ tüketimine bağlı olarak toprağın CO₂ üretimi ve toprağın enzim aktivitesi toprağın biyolojik faaliyetinin ölçüsü olabilecek önemli kıstaslardır (Çengel, 1983; Çolak, 1988).

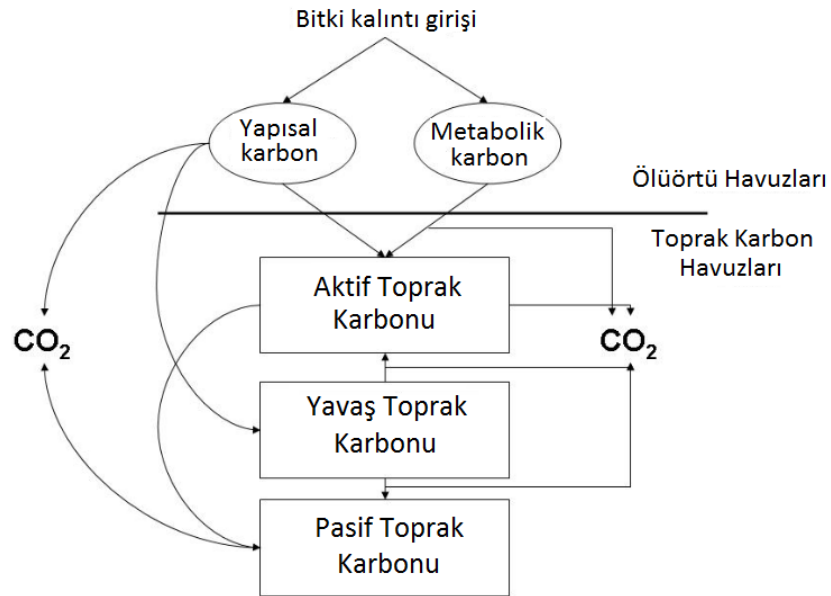
Bu enzimler içinde Dehidrogenaz aktivitesi toprakların alındığı andaki toplam mikrobiyal aktivitesinin değerlendirilmesinde kullanılan bir enzimdir. Aktivite her zaman toplam mikroorganizma sayısı ile ilişkili olmayıp, toprak nemi ve sıcaklığı gibi çevresel faktörler ile organik madde gibi toprak özelliklerinden önemli oranda etkilenmektedir (Aşkın ve ark, 2004).

Toprak solunumu ise genellikle toprakta üretilmiş CO₂ gazının ölçümüyle saptanmakta olup bu konuda çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Domsch, 1962; Jaggi 1976). Yöntemlerin hepsinde prensip aynıdır ve kapalı bir düzenek içinde açığa çıkan CO₂ gazının bir baza absorbe edildikten sonra asitle titrasyonuna dayanmaktadır.

1.3. Toprak Organik Madde Dinamikleri

Toprak organik karbonu, yaşına veya ayrışma zamanına göre farklı havuzlara ayrılabilir. Ortalama geçen zaman, çürümeye karşı gösterilen dirence ve ayrışmaya karşı gösterilen korumanın boyutuna bağlıdır. Günümüzdeki geçerli bir modele göre toprak organik madde havuzları aktif, yavaş ve pasif havuzlara ayrılmıştır (Jenkinson ve Raynor 1977) (Şekil 1.1).

Aktif ve yavaş karbon havuzları biyolojik olarak faaldirler. Yani devamlı olarak mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılır ve böylece birçok besin elementini toprak çözeltisine salarlar. Aktif toprak organik maddesi esas olarak taze bitki atıklarından oluşur ve oldukça hızlı ayrışır. Bu havuzlar hafif fraksiyon, biyokütle, humik olmayan materyaller ve küçük bitki atıklarını içermekte olup değişen çevre koşullarından en çok etkilenen havuzdur. Aktif organik madde tamamen ayrışamaz ve ayrışmayan kısım ya yavaş ayrışır ya da pasif havuzlara taşınır (Brady ve Weil, 1999).



Şekil 1.1. Toprakaltı Karbon Döngüsünün Havuzlara Ayrılmış Kavramsal Modeli (Jenkinson ve Raynor, 1977)

Yavaş havuz, öncelikli olarak ayrışmış hücre ve doku materyallerinden oluşur. Bunlar kısmen de olsa mikrobiyal ayrışmaya dirençli olup aktif toprak organik maddesinden daha uzun süre toprakta kalabilirler. Orta derecede ayrışabilenler kimyasal olarak dinamik olan makro ve mikro agregatlar içerirler (Wander ve ark., 1994; Brady ve Weil, 1999).

Pasif toprak organik maddesi ya da humus biyolojik olarak aktif değildir. Bu havuz toprak organik maddesi ile ilişkili birçok fiziksel ve kimyasal özelliklerden ve toprak kalitesinden sorumludur. Ayrıca mikrobiyal degradasyondan korunmuş

kimyasal olarak dirençli organik bileşiklere sahiptir. Toprağın toplam organik maddesinin % 35-50'sini oluşturan humus çeşitli toprak organizmaları tarafından sentezlenen, mikrobiyal ayrışmaya daha dirençli organik dokuların değişiminden meydana gelen kompleks yapıda organik bileşiklerdir (Prasad ve Power, 1997; McCauley ve ark., 2003).

Topraktaki karbon miktarını etkileyen toprak sıcaklığı, nem ve tekstür gibi faktörlerin yanında, arazi kullanımı ve kullanımındaki değişikliklerin de toprak karbon içeriği ve karbon mineralizasyonuna doğrudan etkisi vardır (Dalal ve Mayer, 1986). Toprak organik madde mineralizasyonu topraklarda karbon döngüsünü düzenleyen anahtar bir rol oynamaktadır (Garbuio ve ark., 2011).

Organik karbonun bu farklı ve kısmen de olsa hızlı döngülenen havuzlara dağılımı arazi kullanımı, sulama, ekin rotasyonu, sürme ve gübre uygulamaları gibi toprak yönetim faktörlerinin etkisi altındadır. Bu yüzden, hem ayrışma hem de iyileştirme süreçlerini içeren yönetim rejiminde yapılacak herhangi bir değişiklik, karbon akışını ve belirli bir havuzda depolanan karbon miktarını ve oranını etkileyecek bir potansiyele sahiptir (Joergensen ve Emmerling, 2006).

Toprağın biyolojik çeşitliliğinin toprak organik karbon havuzlarına olumlu etkileri vardır. Bütün diğer faktörler eşit iken, yüksek biyolojik çeşitlilik toprakta daha fazla karbon depolanmasını sağlamaktadır (Lavelle, 2000).

Doğal ekosistemler sonsuz faktörün ortak ve çoğunlukla da eşzamanlı etkileri ile bu etkilere verdikleri reaksiyonlara bağlı olarak varlıklarını sürdürmektedirler. Ekosisteme müdahale tüm bu dengeyi olumsuz etkilemekle kalmayıp başkalarına da yansıtılabilecektir. Hatta tüm dünya sonsuz ekosistemlerden oluşmuş bir mega ekosistem (ekosfer) kabul edilirse, ekosistemin yeri ve cinsinin de önemi kalmamakta, her ekosistemdeki değişim aslında tüm insanları ve dünyanın geleceğini ilgilendirmektedir.

Bu gerçeğe dayanarak ekosistemlerin duyarlılığını belirleyen pek çok çalışma yürütülmüştür. Örneğin doğal bir orman ekosisteminde dengede olan toprakların yüksek karbon içeriğine sahip olduğunu, toprak ve bitki örtüsü karbon içeriğinin enleme bağlı arttığını, ormanların tarım arazisine dönüştürülmesinin toprağın karbon

stoğunu azalttığı, tarım topraklarının ağaçlandırılması ve mevcut ağaçlandırma ile de toprak organik karbonunun arttırılabileceği belirlenmiştir (Lal, 2005).

Alan kullanımı ve toprak yönetim uygulamalarının karbon mineralizasyonu ve kinetiğinde meydana getirdiği değişimleri inceleyen Moscatelli ve ark. (2007) Akdeniz bölgesinde, farklı kullanılan bitişik iki alan tarım (geleneksel-organik), orman (konifer-geniş yapraklı) ve çayır (doğal-yonca) topraklarında karbon mineralizasyonu ve mikrobiyal indikatörleri ölçmüşlerdir.

Gene İran'da Lordegan'da iki farklı meşe ormanı ve bitişik parsellerindeki ağaçsızlandırılmış tarım alanlarında toprak yönetiminin toprak karbon havuzları, karbon mineralizasyon kinetikleri ve ilişkili mikrobiyal özellikleri incelenmiştir. Sonuçta, orman topraklarındaki organik C, toplam N, mikrobiyal biyomas, β -glukosidaz aktivitesi ve potansiyel C mineralizasyonunun tarım alanlarından daha yüksek olduğu, kurak ve yarı kurak bölgelerde biyolojik olarak ayrışabilen toprak karbon havuzları ve ilişkili süreçlerin toprak uygulamalarından oldukça etkilendiği belirlenmiştir (Nahidan ve Nourbakhsh, 2010).

Çevresel değişimlere çok çabuk reaksiyon veren toprak mikrobiyal faaliyetinin belirlenmesi, orman ekosistemlerinin fonksiyon mekanizmalarının daha iyi kavranmasına katkıda bulunacaktır. Ayrıca, Okaliptüsün eko-fizyolojik özellikleri nedeniyle ülkemizde marjinal alanların değerlendirilmesi ve toprakta meydana gelecek olası değişim veya bozulmalar sonucunda ıslah çalışmaları için çok değerli bilgiler kazandıracaktır.

Bu bağlamda, Tarsus-Karabucak'taki *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. (Okaliptüs) ormanında 5, 7 ve 10 yaşındaki plantasyonlarda 3 ayrı uygulama yapılmıştır: Bir parsel olduğu gibi bırakılmış (Doğal, devamlılığı sağlanan), ikinci parselde sadece ağaçlar kesilmiş, üçüncü parselde ise ağaçlar kesildikten sonra toprak sürülmüş ve yılda 2 kere de sürümü tekrarlanmıştır. Bitişik bu 3 parselden 3 yıl boyunca 3 ayda bir toprak örnekleri alınmış, mevsimsel değişimlere sistemin cevabını ortaya koymak amacıyla toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile organik madde dönüşümünü yansıtan karbon mineralizasyonu incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Maheswaran ve Attiwill (1989) Güneydoğu Avusturalya'nın 5 *Eucalyptus* orman toprağına farklı oranlarda karbon, azot ve fosfor ilave ederek toprak solunumundaki değişimleri incelemişlerdir. Orman tipine bağlı olmaksızın, topraklardaki solunum oranı, karbon kaynağı olarak ilave edilen glikoz miktarı ile (toprak karbonunun % 0, 10, 20, 50, 70, ve 100'ü) artarken, azot ve fosfor ilavesine tepki vermemiştir. Sonuçlara göre *Eucalyptus* topraklarındaki mikrobiyal solunumun mevcut karbon kaynağı ile sınırlı olduğunu belirtmişlerdir.

Tiwari ve ark. (1989), mevsimsel değişikliklerin topraktaki mikrobiyal populasyon, CO₂ miktarı ve enzim aktivitelerine etkilerini araştırmak amacıyla farklı derinliklerden 12 ay boyunca ayda bir kez örnek almışlardır. Sonuçta mikrobiyal populasyon, CO₂ miktarı ve enzim aktivitelerinin yüzey topraklarında alt katmanlara oranla daha fazla olduğunu ve bahar-yaz döneminde maksimum düzeye ulaşırken kış döneminde azaldığını belirlemişlerdir.

Ajwa ve Tabatabai (1994) toprakta farklı organik materyallerin ayrışmasını incelemek amacıyla toprağı 4 ürün kalıntısı, 4 hayvan gübresi ve 4 kentsel atık karıştırarak toprağın karbon mineralizasyonunu inkübasyon yöntemi ile ölçmüşlerdir (20±2 °C, 30 gün). Sonuçta, açığı çıkan CO₂ miktarı genellikle inkübasyonun başlangıcında fazla olmuş, 30 günlük inkübasyonda üretilen CO₂'in %50'sinden fazlası inkübasyonun ilk 6 günü içinde açığı çıkmıştır. Ayrıca topraktaki karbonun yarılanma süresi bitki materyalleri için 39-54 gün, hayvan gübresi için 37-169 gün ve kentsel atıklar için 39-330 gün olarak belirlenmiştir.

Kara (1999) Samsun Gelemen Tarım İşletmesindeki toprak serilerinde, inkübasyon süresine bağlı olarak bazı mikrobiyolojik özelliklerde (CO₂ üretimi, dehidrogenaz aktivitesi, enzim aktivitesi, bakteri, mantar ve aktinomiset populasyonu) meydana gelen değişimleri incelemiştir. Sonuçta, bakteri ve aktinomiset populasyonu inkübasyonun sonuna kadar (40. gün), mantar populasyonu ise inkübasyonun 24. ve 32. günlerinde artmış, dehidrogenaz ve enzim aktivitesi 2-16 günler arasında önemli düzeyde yükselmiştir.

Koizumi ve ark. (1999), Finlandiya'da 3 farklı tarla toprağında (turba, kumlu,

killi) toprak sıcaklığı ve su içeriğinin, toprak solunumuna mevsimsel etkisini incelemişlerdir. Toprak solunumunun turba topraklarında yazın en yüksek seviyede olduğunu ($650\text{mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) ve toprağın su içeriği ile negatif, toprak sıcaklığı ile pozitif ilişkili olduğunu, kumlu topraklarda ise mevsimsel değişiklikler dışında toprak solunumu sabit kaldığını ($300\text{mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), toprak sıcaklığının önemli bir etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Killi topraklarda, yazın toprak solunum oranının en yüksek olduğunu ($500\text{mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) ayrıca solunumunun toprak sıcaklığı ile yüksek oranda pozitif, su içeriği ile negatif ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Conant ve ark. (2000), 3 yarı kurak ekosistemde, çevresel faktörlerin toprak solunumuna etkilerini araştırmışlar, yarı kurak ekosistemde toprak solunumunun toprak nemi ve C rezervi ile yüksek oranda kontrol edildiğini göstermişlerdir. Toprak neminin azalmasıyla sıcaklıktaki artış toprak solunumunun azalmasına sebep olmuştur. Toprak neminin 200 g su/kg topraktan fazla olduğu mevsimlerde (genellikle sonbahar ve kış) sıcaklıkla toprak solunumu arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir.

Javorekova ve ark. (2001) organik maddelerin mikrocanlı faaliyetine etkisini incelemek amacıyla toprağa farklı ayrışma derecelerine sahip organik maddeler karıştırarak toprak mikroorganizmalarının biyolojik ayrışmayla basit ve potansiyel aktivitesini standart nem ve sıcaklıkta absorpsiyon metodu ile ölçmüşlerdir. Sonuçta test edilen tüm organik madde ilavelerinin CO_2 üretimine olumlu etkileri olmuştur.

Wang ve ark. (2001) Çin'de Lös Platosunda, arazi kullanımı ve konumunun toprak özelliklerine etkisini T1 (nadasa bırakılmış arazi, tarım arazisi, orman arazisi, meyve bahçesi), T2 (nadasa bırakılmış arazi, fundalık arazi, tarım arazisi, orman arazisi, meyve bahçesi) ve T3 (ekim nöbeti uygulanan arazi, orman arazisi) olmak üzere üç hat boyunca araştırmışlardır. Toprak organik maddesi ve toplam azotun toprak kullanımıyla önemli ölçüde değiştiğini ve buna ek olarak orman, fundalık ve otlak arazilerde tarım arazilerinden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Neufeldt ve ark. (2002) Brezilya'da killi ve tınlı tekstüre sahip bitişik mera, tarım ve orman arazilerinde arazi kullanımının toprak organik maddesine etkisini incelemişlerdir. Sonuçta, toprak organik maddesinin killi topraklarda daha yüksek

olduğunu, tarım arazisi ve çam ormanında toprak organik maddesinin azaldığını, mera ve okaliptüs ormanında ise miktar ve kalitesinin arttığını bildirmişlerdir.

Qi ve ark. (2002) Kuzey Kaliforniya'da Blodgett ormanında 1998 Haziran'dan 1999 Ağustos'a kadar aldıkları topraklarda solunumun sıcaklığa olan hassasiyetini ve bunun ekosistemdeki karbon akışına etkisini araştırmışlardır. Sonuçta, toprak sıcaklığındaki değişimlere toprak solunumunun cevabının doğrusal olmadığını gözlemişlerdir. Sıcaklığın toprak solunumuna etkisini belirlemek amacıyla genel bir model geliştirmişlerdir. Buna göre toprak sıcaklığı ve nemi gibi çevresel faktörler ile topraktan CO₂ çıkışı arasında sürekli bir etkileşim olduğunu saptamışlardır. Nem ve sıcaklığın etkisinden dolayı toprak solunumunun global ısınmaya rağmen daha az artabileceğini vurgulamışlardır.

Quilchano ve Maranon (2002) İspanya'nın güneyinde *Quercus suber* ormanlarında, seyreltilmiş, çalılardan arındırılmış ve müdahale edilmemiş 3 parselden yağışlı (sonbahar) ve kuru (yaz) sezonlarda 0-10 cm den aldıkları toprak örneklerinin dehidrogenaz aktivitesini ölçmüşlerdir. Müdahale edilmeyen orman topraklarında dehidrogenaz aktivitesi her iki mevsimde de müdahale edilen (seyreltilmiş ve çalılardan arındırılmış) ormanlardan daha fazla olmuş, sonbaharda yaza göre yaklaşık 2 kat fazla bulunmuştur. Kil miktarının aktiviteyi arttırdığını ve bazı toprak özelliklerinin (pH, K, Ca, Mg ve toprak nemi) dehidrogenaz aktivitesiyle önemli korelasyon oluşturduğunu belirlemişlerdir. Sonuçta, Akdeniz topraklarında müdahalelerin dehidrogenaz aktivitesini olumsuz etkilediğini, bu etkinin kurak mevsimde daha fazla olduğunu, ayrıca sezon ve alan etkilerinin yönetim uygulamalarından daha belirleyici olduğunu ifade etmişlerdir.

Behera ve Sahani (2003) geniş yapraklı doğal orman, iyileşen orman ve *Eucalyptus* plantasyon topraklarının fizikokimyasal özellikleri, mikrobiyal aktivite ve biyokütlesini kıyaslamışlardır. Toprakların tekstürleri arasında herhangi bir fark yokken plantasyon toprağında doğal ve iyileşen ormanlara göre porozite daha az, hacim yoğunluğu ise daha fazla bulunmuştur. Diğer uygulama alanlarına göre *Eucalyptus* plantasyon topraklarında organik karbon ve toplam azot, mikrobiyal biyokütle, mikrofungal biyokütlesi ve mikrobiyal aktivitenin nispeten daha düşük olduğunu, ayrıca mikroorganizmaların substrat kullanma etkinliğinin de az olduğunu

belirtmişlerdir.

Jaiyeoba (2003) Nijerya’da orman arazisinde geleneksel toprak işlemenin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla 8 farklı alandan toprak örnekleri alıp karşılaştırmıştır. Artan toprak işlenmesi ile toprağın kaba tekstürlü bir hale geldiğini, agregat stabilitesi, organik madde, toplam azot, yarıyışlı fosfor ve katyon değişim kapasitesinin azaldığını tespit etmiştir. Ayrıca, yoğun toprak işlenmesiyle toprakta bozulmanın meydana geldiğini, besin elementi içeriği ve verimliliğin azaldığını belirlemiştir.

O’Brien ve ark. (2003) Avustralya’da *Eucalyptus regnans* ve *Pinus radiata* ormanlarında karbon içeriğinin 50 cm toprak derinliğine kadar genellikle azaldığını, toprak hacim ağırlığının ise arttığını, karbon içeriğinin doğal okalıptüs ormanlarının killi balçık topraklarında *Pinus radiata* plantasyonlarının kumlu topraklarından daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Shi ve ark. (2003) Tibet yaylalarının çayır ekosistemlerinde Eylül 1999’dan Ağustos 2001’e kadar 2 yıl statik kapalı bir kavanoz sistemi kullanarak toprak solunumunun günlük ve mevsimsel değişimlerini belirlemişlerdir. Günlük CO₂ çıkışının 6-8 arasında en az, 15-17 arasına doğru en çok olmak üzere düzensiz bir şekilde değiştiğini, ayrıca mevsimsel olarak topraktaki CO₂ çıkışının yazın yükselip kışın düştüğünü belirlemişlerdir.

Aşkın ve ark. (2004) Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampus topraklarının bazı mikrobiyolojik özelliklerini belirlemek amacıyla 5 farklı toprak serisinden 0-20 cm derinlikten aldıkları toprak örneklerinin dehidrogenaz enzim aktiviteleri, CO₂ üretimi ve mikrobiyal biyomas-C kapsamlarını belirlemişlerdir. Toprakların dehidrogenaz aktivitesi 132,9-658,6 µg TPF g toprak⁻¹, CO₂ üretimi 26,70-33,72 mg 100 g CO₂ toprak⁻¹ ve biyomas-C’u ise 109,9-171,3 mg C 100 g toprak⁻¹ arasında değişmiştir.

Aka ve Darıcı (2004) Türkiye’nin Doğu Akdeniz bölgesinde (Kadirli/Osmaniye) 4 farklı turp tarlası topraklarında CO₂ respirasyon yöntemi ile karbon mineralizasyonunu (28 °C, 30 gün) izlemişler, 4 toprakta da mikrocanlı faaliyetinin artarak ilerlediğini belirlemişlerdir.

Aka ve Darıcı (2005a) *Ceratonia siliqua* L. topraklarına *Pinus halepensis*

Mill. ve *Quercus coccifera* L. yapraklarını karıştırarak CO₂ solunumu yöntemiyle (30 gün, 28°C) karbon mineralizasyonunu incelemişler, yaprakların mikrobiyal aktiviteyi arttırdığını saptamışlardır.

Aka ve Darıcı (2005b) Doğu Akdeniz Bölgesinde farklı anakayadan (marn, konglomera) oluşan toprakta yetişen *Olea europaea* L. *Pinus brutia* Ten. ve *Pistacia terebinthus* L. topraklarında karbon mineralizasyonunu araştırmışlardır. Sonuçta, bitkilerin organik madde kalitesinin artışı ile mikrobiyal aktivitenin arttığını, marnlı topraklarda organik maddenin konglomeralı topraklardan daha sıkı bağlandığı ve biyolojik parçalanmaya karşı daha dayanıklı olduğunu ifade etmişlerdir.

Lal (2005) doğal bir orman ekosisteminde dengede olan toprakların yüksek karbon içeriğine sahip olduğunu, toprak ve bitki örtüsü karbon içeriğinin enleme bağlı arttığını, ormanların tarım arazisine dönüştürülmesinin toprağın karbon stoğunu azalttığını belirlemiştir. Buna bağlı olarak tarım topraklarının ağaçlandırılması ve mevcut ağaçlandırma ile de toprak organik karbonunun arttırılabileceğini bildirmektedir.

D'haene ve ark. (2006) Belçika'da sıcak iklimde 0-5 cm derinlikteki siltli kumlu toprakların potansiyel karbon mineralizasyonuna 10 yıllık azaltılmış toprak sürümünün etkisini incelemişlerdir. Bunun için üçü azaltılmış, biri geleneksel sürülmüş dört alan topraklarında potansiyel karbon mineralizasyonu sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Yüksek organik karbon içeren sürümü azaltılmış tarlanın 0-5 cm derinliğindeki topraklarında karbon mineralizasyonunun daha yüksek olduğunu ve toprakların pullukla alt-üst edilmesiyle de mineralizasyonun arttığını belirtmişlerdir. Mineralizasyon sonuçlarının yüksek oranda değişkenlik göstermesi nedeniyle aralarındaki farkların önemli olmadığını ifade etmişlerdir.

Nougeira ve ark. (2006) Güney Brezilya'da birbirine komşu olan doğal orman ile tarım ve otlaktan ormana dönüştürülen arazilerde yaptıkları çalışmada, toprak kalitesinin karbon ve azot dengesi ile ilişkisi olduğunu belirtmişlerdir. Arazi kullanımı ve sürdürülebilirliği açısından ormansızlaştırma ve toprak yönetimi gibi dış faktörlerin toprağın biyolojik göstergelerini etkilediğini saptamışlardır. Sonuç olarak, farklı arazi kullanım sistemlerinin toprağın mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerini etkileyebileceğini ifade etmişlerdir.

Li ve ark. (2007) Çin'de toprakta organik karbon birikiminin biyokütle oluşumu ve ayrışması tarafından kontrol edildiğini, kurak ve yarı kurak bölgelerde sıcaklığın etkisi ve bitkisel biyokütlenin azlığı nedeniyle toprakta organik karbonun düşük olduğunu, bu bağlamda atmosferde karbon akışının dengelenmesi bakımından toprak yönetiminin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Madejon ve ark. (2007) yarı kurak iklim koşullarında kumlu-killi toprakta uzun dönemli (14 yıl) korumalı ve geleneksel toprak işlemenin toprak biyolojik özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Sonuçta, geleneksel işlemeye göre korumalı toprak işleme koşullarında 0-10 cm derinlikte dehidrogenaz enzim aktivitesinin de bulunduğu biyolojik aktivitelerin ve organik madde içeriğinin daha yüksek olduğu, artan toprak derinliğine paralel olarak toprak biyolojik özelliklerinin belirgin olarak azaldığını, korumalı toprak işlemesi ile yüzey katmanlarında toprak kalitesinin arttığını saptamışlardır. Ayrıca, dehidrogenaz aktivitesi ile toprak organik karbonu arasında önemli korelasyon olduğunu belirlemişlerdir.

Moscatelli ve ark. (2007) alan kullanımı ve toprak yönetim uygulamalarının karbon mineralizasyon aktivitesi ve kinetiğinde meydana getirdiği değişimleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Bunun için Akdeniz bölgesinde, bitişik iki alanda farklı alan kullanımları ve toprak yönetimi ile karakter kazanmış tarım (geleneksel-organik), orman (konifer-geniş yapraklı) ve çayır (doğal-yonca) topraklarında karbon mineralizasyonu ve mikrobiyal indikatörleri ölçmüşlerdir. Mikrobiyal biyomas, mikrobiyal indikatörlerin çoğu ve kümülatif CO₂ üretimi alan kullanımı ile önemli derecede uyarılmış ve bu etkinin en yüksek tarımsal topraklarda (300 mg C-CO₂ g⁻¹ 28 d⁻¹) iken en düşük çayır topraklarında (120 mg C-CO₂ g⁻¹ 28 d⁻¹) olduğunu belirlemişlerdir. İki farklı toprak yönetimi altındaki orman topraklarının kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri arasında önemli farklar olduğunu ve karbon mineralizasyonunun esas olarak mikrobiyal kommunitenin yapı ve fonksiyonunu büyük ihtimalle değiştirebilen toprak pH'sı ve ağaç türleri gibi çevresel faktörlerden etkilendiğini, çayır topraklarının toplam azot ve C/N oranları arasında fark olmasına rağmen, alan kullanımı ve yönetim uygulamalarının karbon mineralizasyonuna etki etmediğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak, mikrobiyal süreçlerin arazi kullanımından oldukça fazla etkilendiğini ve topraktaki karbon

değişimlerinde önemli bir rolü olduğunu vurgulamışlardır.

Ouyang ve ark. (2007) Güney Çin'in Dighushan Dağında süksesyonel bir dizi halinde bulunan 3 orman tipinde [(*Pinus massoniana* (PMO), çam-geniş yapraklı karışık orman (ÇGKO) ve herdem yeşil geniş yapraklı orman (HYO)] 0-10 cm derinlikten alınan toprakların organik karbon ve azot mineralizasyonunu incelemişlerdir. 52 haftalık inkübasyon sonunda, PMO, ÇGKO ve HYO'nun kümülatif CO₂-C salınımları sırasıyla 30,66, 58,17 ve 59,31 mg kg⁻¹, ve ilk 9 haftada %64,12, %64,41 ve %65,12 bulunmuştur. Kümülatif CO₂-C salınımının PMO topraklarında ÇGKO ve HYO topraklarından daha küçük düzeyde anlamlı olduğunu ve zamana bağlı değişim sürecinin iki-havuzlu kinetik modele tam uyum gösterdiğini, PMO'dan ÇGKO ve HYO'ya dönüşen bir orman tipinde, modele dayanan parametreler olan aktif ve stabil organik karbonun mineralizasyon oranlarının azaldığını ve sonuç olarak süksesyonun organik karbon içeriğini etkileyen doğal bir yol olduğunu ifade etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2007) Çin'de, analiz edildikten sonra tamamen kesilmiş *Cunninghamia lanceolata* (Çin köknarı) ormanına tekrar dikilen *C. lanceolata* (Çin köknarı) ve *Michelia macclurei* ile karışık bireylerin karbon mineralizasyonlarındaki değişiklikleri karşılaştırmışlardır. *M. macclurei* toprağı en yüksek karbon mineralizasyonuna sahip olup saf Çin köknar plantasyonlarıyla karşılaştırıldığında Çin köknarı ve *M. macclurei* karışımının toplam toprak organik karbonuna hiç bir etkisi olmamış, ancak karbon mineralizasyonunu önemli derecede arttırmıştır. Karbon mineralizasyonundaki pozitif etkinin toprak aktif karbon havuzları ve mikrobiyal aktivitenin artışıyla açıklanabileceğini, ayrıca karbon mineralizasyonu, toprak mikrobiyal özellikleri ve aktif organik karbonun etkili ve sürdürülebilir bir model olarak değerlendirilebileceğini ifade etmişlerdir.

Chatterjee ve ark. (2008) iki çam ormanında (*Pinus ponderosa* ve *Pinus contorta*) hem toprak üstü, hem de toprak altı ekosistem besin dinamiklerini etkileyen ağaç kesiminin organik madde mineralizasyonu ve mikrobiyal komüniteye etkilerini incelemişlerdir. Sonuçta orman yönetimi ile *P. ponderosa* topraklarından CO₂-C kaybının arttığını ve bu artışın toprağın organik madde depolama potansiyelini düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Her iki çam ormanında da

ağaçların kesilmesi karbon depolama potansiyelini düşürerek toprak organik madde mineralizasyonu ve mikrobiyal komunitasını olumsuz etkilemiştir.

Murphy ve ark. (2008) Orta Panama’da 3 yıl boyunca monokültür, ağaç çiftleri ve karışık türe sahip alanlardaki ağaç türlerinin toprak solunumuna etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla toprak solunumu, mikrobiyal biyokütleleri, toprak nemi ve toprak yüzey sıcaklığı ile toprak hacim ağırlığı ölçülmüştür. Mikrobiyal biyokütle ve toprak solunumunu olumlu etkileyen ölü örtü üretim artışı ile ağaç çiftleri, monokültür alanlara göre toprak solunumunu daha çok arttırmıştır. Toprak solunumu yağmurlu sezonda Haziran ayına kadar $7,2 - 3,5 \text{ mmol CO}_2/(\text{m}^2 \text{ s}^{-1})$ arasında iken, Ekimin son iki haftasında $2,3 - 1,9 \text{ mmol CO}_2/(\text{m}^2 \text{ s}^{-1})$ ’e düşmüş, en düşük solunum oranları ise kurak mevsimde saptanmıştır ($1,0 - 0,7 \text{ mmol}$). Kurak ve yağışlı mevsimlerde monokültür alanlarda toprak solunumu ağaç çiftlerine ve karışık türlü alanlara göre %19-31 daha yüksek bulunmuştur. Sonuçta, biyotik ve abiyotik faktörlerle toprak solunumu arasında belirgin bir ilişki olduğunu saptamışlardır.

Ahn ve ark. (2010) Kuzey Florida nehir havzasında 8 farklı şekilde kullanılan arazilerde 138 yüzey toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri, ekstrakte edilebilen karbon havuzları ve karbon mineralizasyonunu belirlemişlerdir. Asitle hidroliz olan karbon (%32) ve kil içeriğinin (%35) genel olarak karbonun biyolojik varlığının indikatörleri olarak yetersiz olduğunu, potansiyel karbon mineralizasyonundaki değişimlerin en iyi şekilde toprak organik karbonu (%62) ve sıcak suyla ekstrakte edilen karbon (%59) ile açıklanabildiğini belirtmişlerdir. Belirli arazi kullanımları ve toprak düzenleri içinde, kil içeriğinin karbon mineralizasyonu ile doğrudan ilişkili ve muhtemel bir uyarıcı etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Son olarak, kıyısız ova topraklarında potansiyel karbon mineralizasyonunu ölçmek için seçilebilecek tek ve en etkili toprak değişkeninin organik karbon olduğunu ifade etmişlerdir.

Nahidan ve Nourbakhsh (2010) İran’da Lordegan Ormanında iki farklı meşe ormanı ve bitişik parsellerindeki ormansızlaştırılmış tarımsal alanlarda yürüttükleri çalışmada toprak yönetiminin toprak karbon havuzları, karbon mineralizasyon kinetikleri ve ilişkili mikrobiyal özelliklerine olan etkisini incelemişlerdir. Sonuçta, orman topraklarında organik C, toplam N, mikrobiyal biyomas, β -glukosidaz aktivitesi ve potansiyel C mineralizasyonunun tarım alanlarından daha yüksek

olduğunu, kurak ve yarı kurak bölgelerde biyolojik olarak ayrışabilen toprak karbon havuzlarının ve ilişkili süreçlerin yönetim pratiklerinden oldukça etkilendiğini belirlemişlerdir.

Salvo ve ark. (2010) toprak yönetim uygulamalarının toprakta meydana getirebileceği değişimleri saptamak amacıyla, sürülmüş ve sürülmemiş toprakların 10 yıl sonraki organik karbonunun dağılımı ve büyük fraksiyonları üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Ayrıca, 0–3, 3–6, 6–12, 12–18, 18–40, 40–60 ve 60–80 cm derinliklerinde organik karbon içeriklerini belirlemişlerdir. İlk 4 derinlikte, toprak organik karbonunun aktif karbon ve toprak mineral fraksiyonları ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Organik karbon içeriğinin düzen ve artışı sağlayabilecek farklı hasat ve sürme sistemlerinin bulunduğunu belirtmişler ve topraklar için sürdürülebilir bir yönetim biçimi önermişlerdir.

Strickland ve ark. (2010) A.B.D.’nin güney doğusunda bulunan kültüre alınmış, çayırılık, çam plantasyonu ve kalın kabuklu orman alanlarında kök deposunun mineralizasyon dinamiklerini, arazi kullanımı ile karbon kaynağı olarak kullanılan glikozun ilişkisini, mikrobiyal komüniteyi ve edafik faktörleri belirlemişlerdir. Hem kış, hem yaz aylarında 72 saatlik ölçüm periyotlarında glukozun mineralizasyon oranı eksponansiyal olarak azalmıştır. Arazi kullanımı toplam glukoz mineralizasyonunun orta derece göstergesi iken mikrobiyal aktivite veya mikrobiyal komünite ölçümleri kötü göstergelerdir. En güçlü göstergenin ise topraktan ekstrakte edilebilen fosfor olduğunu belirlemişlerdir. Sonuçta arazi kullanımı ve/veya arazi yönetimi ile ilişkili toprak özelliklerinin bir arazide karbon mineralizasyonunun güçlü göstergeleri olabileceğini, toprak organik karbon dinamiklerinin belirlenmesinde arazi kullanım tarihçesi ve yarayışlı toprak fosforunun gelecekteki araştırmalarda önemli olabileceğini ifade etmişlerdir.

Cenkseven ve ark. (2011) Doğu Akdeniz Bölgesinde yetişen kermes meşesi (*Quercus coccifera*) topraklarına karbon kaynağı olarak farklı oranlarda kompost (kompost/toprak oranı: 1/6; 1/10; 1/12) ilavesinin karbon mineralizasyonuna etkisini belirlemek amacıyla in vitro (28°C, tarla kapasitesinin %80’inde nemli toprak) 30 gün boyunca CO₂ üretimini ölçmüşlerdir. Tüm örneklerde kumulatif C(CO₂) inkübasyon süresiyle net olarak artmış, bu artışın 1:10 ve 1:12 oranlı topraklarda

1:6'dan daha yüksek olmuştur ($P<0.001$). Buna göre 1:10 ve 1:12 kompost:toprak oranlarının mikroorganizma aktiviteleri için 1:6 oranlıya göre daha uygun koşullar sağladığı sonucuna varmışlardır.

Kızıldağ (2011) Akdeniz iklimi etkisindeki Çukurova Üniversitesi kampüsünde yetişen *Melia azedarach* topraklarına, toprak karbonu ve iki katına eşdeğer karbon içeren yaprak ve meyve, ayrıca toprağa antibakteriyel etkisi olduğu bilinen azadirachtin karıştırarak karbon mineralizasyonlarını belirlemiştir. Tüm örneklerde ilk üç gün karbon mineralizasyonunun düşük olmuş, daha sonra yaprak ve meyve karıştırılan topraklarda hızla artmıştır. Karbon mineralizasyon oranları ise tanıkta %0,92, azadirachtinli toprakta %0,76; toprak karbonuna eşdeğer ve 2 katı karbon içeren yaprak karıştırılmış toprakta %1,71 ve % 1,01; aynı şekilde meyve karıştırılan toprakta ise %1,77 ve % 0,96 bulunmuştur.

Lagomarsino ve ark. (2011) “Akdeniz agro-forest sisteminde toprak organik karbon varlığı ve mikrobiyal fonksiyon” adlı çalışmalarında farklı işlenen toprakların mikrobiyal işlevleri ile karbon depolanması arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. İtalya’da artan insan etkisine maruz kalan Akdeniz çevresinde üzüm bağı, mera ve orman (*Quercus suber* L.) topraklarında toplam organik karbon havuzları, mikrobiyal biyomas karbonu, mikrobiyal solunum ve bazı mikrobiyolojik parametreleri (metabolik, mineralizasyon ve mikrobiyal oran) ölçmüşlerdir. Topraktaki fonksiyonel çeşitliliğin indikatörleri olarak karbon, azot, kükürt ve fosfor döngüsüyle ilişkisi olan enzimleri kullanmışlardır. Sonuçta, insan etkisine az maruz kalmış topraklarda organik madde miktarına paralel olarak, ortalama organik karbon havuzları, mineralizasyon ve enzim aktiviteleri ormanda en yüksek, bağlarda en düşük bulunmuştur. Fonksiyonel çeşitlilikteki artışın mikrobiyal havuzdaki ve organik karbon miktarındaki artışı yansıttığını, üzüm bağları düşük Shannon çeşitlilik indeksi gösterirken çayırılık ve ormanlarda fonksiyel çeşitliliğin maksimum düzeye ulaştığını ifade etmişlerdir.

Lucas-Borja ve ark. (2011) Akdeniz’de Paulownia plantasyonları (*Paulownia ssp.*) ile aynı bölgedeki Halep çamı (*Pinus halepensis* L.) ormanları, mısır (*Zea mays* L.) tarlaları ve insan etkisi olmayan (kontrol) alanlarda toprakların kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik özelliklerini karşılaştırmışlardır. Paulownia ve mısır topraklarında

yüksek miktarda organik madde, toplam azot, organik karbon ve ağır metaller (Cu, Cr, Pb, Ni ve Zn) belirlemişlerdir. Ancak *Pinus halepensis* ormanı ve insan etkisi olmayan kontrol alanlarında bu iki alana göre daha yüksek enzim aktivitesi (fosfataz, β -glukosidaz ve dehidrogenaz) ve toprak solunumu gözlenmiştir. Artan toprak sürümü, gübreleme, hasat uygulamaları, vejetasyon yönetimi ve kompozisyonunun mikrobiyal popülasyonlar ve enzim aktivitesini olumsuz yönde etkilediğini, enzim aktivitesi ve toprak solunumunun biyolojik değişimlerin ilk indikatörleri olduğunu ifade etmişlerdir.

Cuesta ve ark. (2012) İspanya’da terkedilmiş toprakları (eski tarım arazisi) ve 13 yıl önce terk edilip *Quercus ilex* dikilen eski tarım topraklarını incelemişlerdir. Sulama ve ağaç varlığına göre 4 farklı kombinasyona uygun olarak ağaçlandırılmış tarım alanındaki (otsu kommunité ve *Q. ilex*) toprak kimyasını etkileyen mevcut çevresel faktörleri araştırmışlardır. Ağaçlandırılmış alandaki karbon ve $\text{NH}_4\text{-N}$ miktarı eski tarım arazisine göre daha yüksek iken, toprak pH’sı, toplam N, P, K ve $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonları, yarayışlı $\text{PO}_3\text{-P}$ miktarı ve mineralizasyon oranları benzer bulunmuştur. Önceki ağaçlandırma uygulamaları, kısmen sulama ve mevcut çevresel durumlarla çoğunlukla otsu bitki birliğinin biyomas ve kompozisyonunun toprak kimyasını etkilediğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak, 10 yıldan sonra yeniden ağaçlandırılan tarım arazisi topraklarında çok az değişim gerçekleştiğini, Akdeniz ekosistemlerinde toprağın yavaş dinamiklere sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Nunes ve ark. (2012) Brezilya’da 2009 ve 2010 yıllarında, alan degradasyonunun toprağın biyolojik özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla, doğal vejetasyon, orta düzeyde ve yüksek düzeyde bozunmuş ve iyileştirilen alanlarda 0-10 cm den aldıkları toprak örneklerinde organik karbon, mikrobiyal biyomas karbonu ve azotu, CO_2 solunumu ve dehidrogenaz aktivitesini analiz etmişlerdir. İki yıl sonunda mikrobiyal biyomas karbonu ve azotu ile dehidrogenaz aktivitesinin doğal vejetasyon alanlarında bozunmuş alanların yaklaşık 8-10 katı olduğunu belirlemişlerdir. Degradasyonun toprak mikrobiyal biyomasını oldukça düşürdüğü, alan restorasyonunun mikrobiyal biyoması arttırabileceğini vurgulamışlardır.

Joshi ve ark. (2013) Himalaya-Terai bölgesinde 8 yıllık *Eucalyptus* hibrit ve 10 yıllık *Dalbergia sissoo* Roxb. plantasyonlarında iklim değişiminin biyomas ve

potansiyel karbon birikimine etkisini incelemişlerdir. 2009 ve 2010 yılında toplam ağaç biyoması sırasıyla *Dalbergia sissoo* için 29,9-42,85 tha^{-1} , *Eucalyptus* için 43,75-59,45 tha^{-1} bulunmuştur. *Eucalyptus* ormanlarında tutulan karbonun 7,89 $\text{tha}^{-1} \text{yr}^{-1}$, *Dalbergia sissoo* ormanlarında ise 6,47 $\text{tha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ olduğunu hesaplamışlardır. Toprakların 70 cm derinliğe kadar karbon içeriğinin *Eucalyptus*' da %0,46-1,85 ve *Dalbergia*'da %0,50-2,66 arasında olup her iki plantasyonda da toprak derinliğine bağlı olarak azaldığını belirlemişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışma 1999, 2002 ve 2004 yıllarında, Tarsus-Karabucak Ormanında baltalığa bırakılan 5, 7 ve 10 yaştaki Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) ağaçlandırma sahasında gerçekleşmiştir. Burada seçilen örnek parsellerde 3 farklı uygulama yapılmıştır: Birinci parselde ağaçlar kesilip toprak sürülmüş (S1), ikinci parselde sadece ağaçlar kesilmiş (S2), üçüncü parselde ise olduğu gibi bırakılmış (S3) ve bu parsellerden 3 ayda bir toprak örnekleri alınmıştır.

3.1.1. Okaliptüs'ün Botanik Özellikleri

Avustralya kökenli Okaliptüs (*E. camaldulensis* Dehn., Myrtaceae), herdem yeşil, çoğunlukla ağaç, bazen ağaççık, hızlı büyür, 50 m boya ulaşabilir ve 600'den fazla türe sahiptir. Yaprakları uzun tırpan biçiminde ya da söğüt yaprağına benzer. Genç sürgünlerde yuvarlak ve oval, yaşlı ağaçlarda ise ince ve uzun, üst yüzeyleri parlak boz yeşil, alt yüzleri mat boz yeşil renktedir. Sürgünlere genellikle almaçlı nadiren de karşılıklı dizilmişlerdir. Beyaz, sarı ya da kırmızı renkte olan çiçekleri yaprakların koltuklarında tek tek ya da bileşik salkım halindedir. Çanak yaprak çoğunlukla körelmiş, taç yaprak ise değişik biçimlerde (Anşin ve Özkan, 1993; Tan, 1999). Tanence zengin olan ve levhalar halinde dökülen kabuk genç iken gümüş renginde, yaşlılarda esmer boz renktedir.

Okaliptus, allelopatik ya da fitotoksik etkili (Babu ve Kandasamy, 1997; Chapuis-Lardy ve ark., 2002) fenol ve terpenler gibi bitki gelişimi ve tohum çimlenmesini inhibe edici bileşiklere sahiptir (Cao ve Luo, 1996; Yu ve ark., 2008; Saberi ve ark., 2013). Bu bileşikler Okaliptüs ormanlarında biyoçeşitliliği olumsuz etkileyerek vejetasyonun azalmasına neden olabilmektedir (Peterken, 1996; Souto ve ark., 2001). Molina ve ark. (1991) Okaliptüs bitkisinin ölüörtü ayrışma ürünlerinin toprağa toksik allelopatik kimyasallar saldıgını, Cao ve Luo (1996) ise allelopati ile

yağış arasında ters bir bağlantı olduğunu, yağışların azalması ile allelopatik kimyasalların biriktiğini saptamışlardır.

Okaliptüs yapraklarının distilasyonu ile elde edilmiş biosidal etkili okaliptüs yağlarının büyük bölümü 1-8 sineol, okamalol, kamfor ve α -pinen'den oluşmaktadır (Watanabe ve ark., 1993; Yang ve ark., 2004; Traboulsi ve ark., 2005; Lucia ve ark., 2007). Bu yağlar birçok patojen bakteri ve fungusun gelişimini azaltmakta, özellikle funguslarda misel gelişimi, spor üretimi ve çimlenmeyi inhibe etmektedir (Fiori ve ark., 2000; Oluma ve Garba, 2004).

Okaliptol (sineol) kimya sanayinde değerli bir bileşik olup tıpta da solunum yolları antiseptiği, nefes ve bronş açıcı, sıcak buharı teneffüs edilerek astım, bronşit ve sinüzite karşı etkilidir. Ayrıca idrar yolları antiseptiği, barsak parazitlerini düşürücü, mide ağrıları, böcek sokması ve yaralara karşı antiseptik olarak kullanılmakta, diş macunları ve gargaralarının bileşimin girmektedir. Şekercilik ve likör imalatında da kullanılmaktadır (Gülbaba, 1995).

3.1.2. Okaliptüsün Yayılış Alanları

Eucalyptus camaldulensis Avustralya kökenli olup tropikal ve subtropikal kuşaklarda geniş yayılış gösterir. Doğal alanlarında 20–700 m yükseltilerde, genellikle düzlük ve düşük eğimli arazilerde bulunurlar. Kıtanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde kuru dere boylarında da yetişmektedir (Boland ve ark., 1984). Anavatanından çok farklı ülkelerde (ekolojik bölgelerde) bulunmakta, önemli su havzalarını işgal etmektedir. Birçok türü doğal habitatları dışındaki farklı enlem ve boylamlarda yüksek bir dayanıklılık göstermektedir (FAO, 1988).

Ülkemize *Eucalyptus* ilk defa 1885 yılında Mersin-Adana demiryolu hattını yapan Fransız şirketi tarafından istasyonlara süs bitkisi olarak getirilmiştir (Adalı, 1944). Avcıoğlu (1982)' na göre Türkiye'de Okaliptüs yetiştiriciliğine uygun alan 150.000 ha civarında iken 20.000 ha Okaliptüs ağaçlandırması olduğu tahmin edilmekte, diğer ülkelere göre çok sınırlı bir alanda yetiştirildiği görülmektedir (Gürses, 1998; Ayata, 2008).



Şekil 3.1 Türkiye’de Okaliptüsün Yayılış Alanları (Ayata, 2008).

Türkiye’de Okaliptüs başta Doğu Akdeniz Bölgesi olmak üzere Akdeniz ve Ege Bölgesinde denize yakın yerlerde yetişmektedir (Özkurt, 2002). Ege, Orta ve Karadeniz’de kıyılarda, Akdeniz’de kıyı ile ovalarda (alçak yayla), Güneydoğu Anadolu Bölgesinin ovalarında (alçak yayla) bulunur. Ancak, endüstriyel ağaçlandırmaları Ege ve Akdeniz’de kıyı arazilerinde yapılmaktadır. Diğer yerlerde münferit ve süs bitkisi niteliğindedir.

Akdeniz iklim kuşağında olan Çukurova’da sulak bataklık alanlarda hızlı büyümesi, odunu, kerestesi ve odun kömürünün iyi yanması gibi özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir (Avcıoğlu, 1985). Özellikle hızlı büyümesi sayesinde bozulan alanlarda agroforest olarak kullanılmaktadır (Dell ve ark., 2000). Ayrıca bölgede marjinal alanların ıslahı ve korunmasında da kullanılan bir bitkidir.

3.1.3. Araştırma Alanının Coğrafi Konumu ve Özellikleri

Araştırma alanı Doğu Akdeniz Bölgesi, Mersin ili Tarsus ilçesi güneyinde, 2557 hektarlık Karabucak Orman İşletmesi içinde yer almaktadır. Arazinin tamamı deniz seviyesinde olup en yüksek rakım 10 metre civarındadır.



Şekil 3.2 Çalışma alanının uydu görüntüsü (X=Yaş grupları)

3.1.4. Toprak

Araştırma alanımız olan *Eucalyptus* ormanı alüviyal topraklar (azonal topraklar) üzerinde gelişmiştir. Bunlar akarsularca taşınıp depolanan materyaller üzerinde oluşmuş AC profilli genç topraklardır. Mineral içeriklerinin heterojenliği akarsu havzasının litolojik bileşimi ile jeolojik dönemlerdeki toprak gelişimi sırasında meydana gelen erozyon ve birikmenin sonucudur. Profillerinde horizonlaşma ya yoktur veya çok az belirgindir (Bozlak, 2008).

Araştırma arazisi düz olup toprakları genç alüviyal karakterde turbalık toprağıdır. Kum, tın ve kilin oranlarına göre balçık, kumlu-killi balçık ve balçıktan meydana gelmiştir (Dinç ve ark., 1990).

Toprakları yüksek kireç içerikli, bazık, ağır killidir. Günümüzde yoğun ormanla kaplı bu topraklar çoğunlukla mineral materyallerle karışmış haldedir. Bölge drenaj sorunlu, taban suyu yüksek ve ağır killi eski bataklık olduğu için marjinal bir alan olarak kabul edilmektedir.

Bölge toprakları Karabucak serisi olarak tanımlanmıştır. Toprak rengi çok koyu kahvedir. Profillerinin ilk 3-5 cm'si kolayca ayırt edilebilen ayrışmamış yaprak ve dal gibi bitki kalıntıları ile kaplı iken daha derinlerde kısmen ayrışmış bitki kalıntıları bulunmaktadır (Dinç ve ark., 1990).

3.1.5. İklim

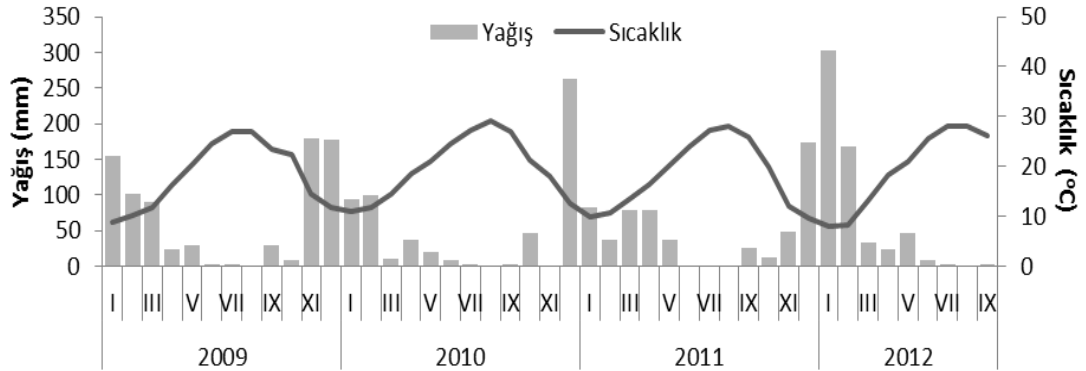
Çukurova bölgesinde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı Akdeniz iklimi hakimdir. Bölgede yağışlar Batı Akdeniz'e göre kışın kısmen az iken ilkbahar ve sonbaharda daha fazla olmaktadır. Yine de Akdeniz ikliminin yaşandığı yöreler içerisinde en az yağış alan yer Çukurova bölgesidir.

Çizelge 3.1. Tarsus'un uzun yıllar iklim verileri (1950-2004).

TARSUS - Uzun Yıllık İklim Verileri (1950-2004)													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Yıllık
Ort.Sıcaklık (°C)	8,9	9,6	12,6	16,5	20,7	24,4	26,6	26,1	23,6	20,0	14,7	10,3	17,8
Max. Sıcaklık	28,4	25,0	30,6	36,2	40,3	40,1	39,5	43,0	41,0	37,5	33,5	26,0	43,0
Min. Sıcaklık	-8,5	-5,7	-5,4	0,8	4,0	12,0	14,0	13,7	8,0	2,0	-2,7	-4,8	-8,5
Yağış (mm)	117,6	79,9	61,9	41,3	29,4	11,7	3,9	2,3	10,7	36,0	80,7	141,1	616,3
Yağışlı gün	10,6	9,8	8,8	7,4	5,6	1,9	0,8	1,8	1,7	4,8	7,0	10,7	70,9
Buharlaşma (mm)	45,4	54,6	88,6	118,7	168,1	200,1	216,3	199,0	164,5	119,4	70,8	41,9	1487,4
Ort. Nisbi nem (%)	70,9	71,5	72,0	71,9	71,0	71,7	75,6	74,0	67,6	64,2	65,0	72,2	70,6

Genellikle en çok yağış buharlaşmanın en az olduğu Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında alınır. En kurak aylar ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül'dür. Yıllık ortalama yağış 616,3 mm, ortalama nem ise % 70,6'dır.

Bölgede ortalama sıcaklık yıllık 17,8 °C', aylık 9,3 °C (Ocak) ile 26,6 °C (Temmuz) arasındadır.



Şekil 3.3. 2009-2012 Örnekleme döneminde Tarsus'da aylık ortalama sıcaklık ve yağış grafiği

3.1.6. Vejetasyon

Araştırma sahası Akdeniz ikliminin kuvvetli etkisi altında olup Doğu Akdeniz florasına dahildir. Bu iklimi karakterize eden kserofit bitki formasyonları olan maki elemanları yaygındır (Bozlak, 2008).

3.2. Metod

Çalışma, Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü Karabucak Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) sahasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Deneme 1999, 2002 ve 2004 yıllarında dikilmiş 3 farklı yaştaki (5, 7 ve 10 yaşında) Okaliptüs alanlarını temsil edecek 20 x 20 m ebatlarında,

- Kesilip sürülmüş (S1),
- Kesilip sürülmemiş (S2),
- Müdahale edilmemiş (Devamlılığı sağlanan) (S3)

üç ayrı alanda yürütülmüştür. Kesilip sürülmüş alan (S1) her yıl iki defa traktörle sürülüp toprak organik maddesinin ayrışma durumu izlenmiştir.

Çalışma her yaş grubuna ait parsellerde 3 tekrarlı (her deneme alanı 3x3=9 parsel) olarak yürütülmüştür. Müdahale edilmeyen S3 parselinde 10x10 m boyutlarında çekirdek zon oluşturulmuştur. Burada 3,25 x 3,25 m dikim aralığında 9

adet ağaç bulunmaktadır. Parsellerin birinde ağaçlar kesilip kaldırılmış (S2) ve sürülmeden bırakılmış, diğer parselde ise ağaçlar kesildikten sonra toprak sürülmüş (S1), böylece toprak işlemenin etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.



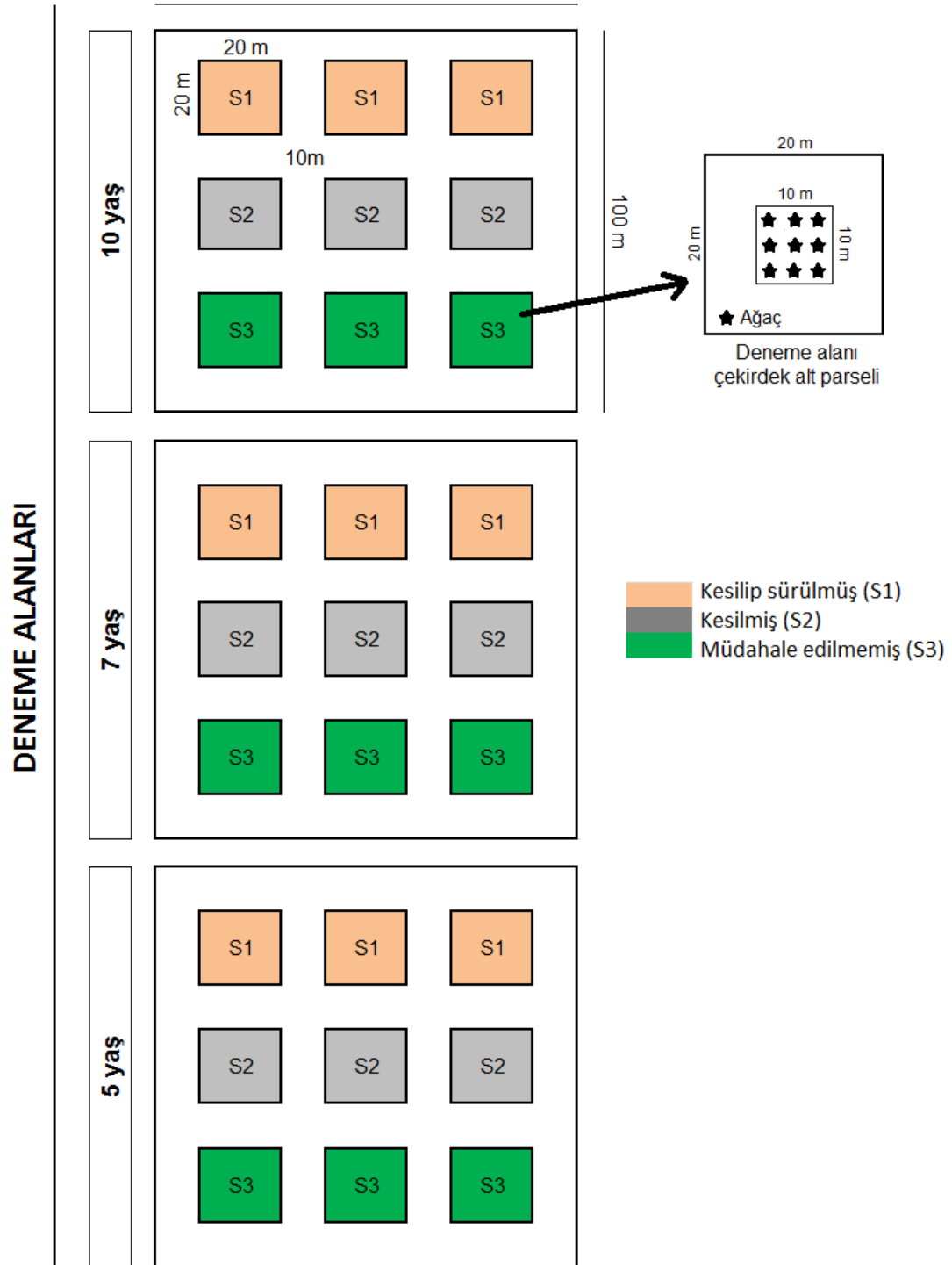
Şekil 3.4. Ağaçları kesilip sürülmüş parsel (S1)



Şekil 3.5 Ağaçları kesilip sürülmemiş parsel (S2)



Şekil 3.6. Müdahale edilmemiş parsel (S3)



Şekil 3.7. Araştırma Alanı Deneme Deseni

3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Her 3 yaş grubunun (5, 7, 10) S1, S2, S3 parsellerinden yüzeydeki döküntüler iyice temizlendikten sonra, 0-20 cm derinlikten 3 tekerrürlü olarak her 3 ayda bir olmak üzere 9 dönem toprak örneği alınmış ve naylon torbalarda laboratuvara getirilmiştir. Topraklar kâğıtlara yayılarak havada kurutulmuş, bitki parçaları ve taşları ayıklanıp 2 mm'lik elekten elenmiş ve torbalarda muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.2. Farklı Yaşlardaki Okalıptüslerde Toprak Örnekleme Dönemleri

Dönemler								
Ekim 2009	Nisan 2010	Temmuz 2010	Ekim 2010	Nisan 2011	Temmuz 2011	Ekim 2011	Ocak 2012	Nisan 2012

*2010 ve 2011 Ocak ayı örnekleri arazinin su altında kalması nedeni ile alınamamıştır.

3.2.2. Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

Toprakların bünye tipi mekanik analiz ile (hidrometre yöntemi) (Bouyoucos, 1951), tarla kapasitesi (%TK) 1/3 atmosfer basınçlı vakum pompası ile (Demiralay, 1993), toprak pH'sı 1:2,5'lik toprak- su karışımında İnoLab pH metresi ile (Jackson, 1958), kireç içeriği (%) Scheibler kalsimetresiyle (Allison ve Moodie, 1965), elektriksel geçirgenlik (Tuz) wheatstone köprüsü prensibine dayalı olarak saturasyon çamurunda kondüktometre ile (Schlichting ve Blume, 1966) ölçülmüştür.

Bitkiye yarayışlı mikroelementler (Fe, Mn, Zn, Cu) Lindsay ve Norvell (1978) 'a göre, bitkiye yarayışlı P içeriği (kg/da) ise sodyum bikarbonat yöntemi ile (Olsen ve ark., 1954) belirlenmiştir.

Toprakların Azot (N) ve Karbon (C) içeriği kuru yakma yöntemine göre LECO-Truspec CN-2000 Karbon-Azot tanımlatıcı ile belirlenmiştir (Grant ve ark (2001).

Çalışmada, toprak biyolojik aktivitesinin indikatörleri olan dehidrogenaz enzim aktivitesi ve karbon mineralizasyonu incelenmiştir.

Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.3. Dehidrogenaz Aktivitesi

Dehidrogenaz aktivitesi toprakların alındığı andaki toplam mikrobiyal aktivitesinin değerlendirilmesinde kullanılır. Dehidrogenaz aktivitesi Thalmann (1968)'dan modifiye edilmiş Beyer ve ark., (1993) yöntemine göre, trifenil tetrazolium klorid (TTC) ile muamele edilmiş toprak inkübasyona (30 °C de 24 saat) bırakılmıştır. Mikroorganizma ile temas eden çözünmüş TTC mikroorganizma içine girer, mikroorganizmada bulunan ve solunumda görev yapan dehidrogenaz grubu enzimler kolay parçalanan karbonhidratların hidrojenini TTC'ye taşır ve kırmızı renkli TPF (trifenil formazan) oluşur. Mikroorganizma içinde çoğalan TPF'nin kristalleşmesi sonucu hücre patlar ve TPF toprak çözeltisine geçer. TPF'nin renk yoğunluğu spektrofotometrede 546 nm dalga boyunda okunmaktadır.

Sonuçlar, µg TPF/10g KT olarak ifade edilmiştir.

Bu işlemler için;

- 10 g fırın kurusu toprağa eşdeğer ıslak toprak 25x250 mm'lik tüplere konur.
- Üzerine Tris tamponu içinde çözünmüş %0,8'lik TTC'den 10 ml eklenip iyice karıştırılır. Tüplerin ağzı kapatılarak 30 °C de 24 saat bekletilir.
- İnkübatörden çıkarılan tüplere reaksiyonun önlenmesi ve oluşan trifenil formazan'ın ekstraksiyonu için 50'şer ml ekstraksiyon çözeltisi konur ve tüpler karanlıkta 2 saat bekletilir.
- Yarı aydınlık bir yerde mavi bant filtre kağıdı ile süzülür.
- Işıktaki fazla beklemeden, oluşan trifenil formazan'ın renk yoğunluğu 546 nm dalga boyunda, ekstraksiyon çözeltisi karşısında spektrofotometrede okunur (Beyer ve ark., 1993).

3.2.4. Toprakta CO₂ Metodu (Respirasyon) ile Karbon Mineralizasyonu

Topraklardaki karbon mineralizasyonu CO₂ respirasyonu metodu ile kontrollü koşullarda (28 °C, tarla kapasitesinin % 80'inde nemlenmiş toprak) 30 gün boyunca incelenmiştir (Schaefer, 1967).

- 750 ml'lik Mineralizasyon kavanozlarına hava kurusu elenmiş 80 g toprak konur.
- Toprak örnekleri tarla kapasitelerinin % 80'i oranında nemlendirilir, su verilirken sürekli karıştırılıp kümelenmemesine dikkat edilir.
- 50 ml'lik cam behere 40 ml Ba(OH)₂ konur ve mineralizasyon kavanozunun ortasında açılan boşluğa yerleştirilir.
- Tanık için, toprak konulmadan kavanoza sadece 40 ml Ba(OH)₂'li beher konur.
- Mineralizasyon kavanozlarının ağzı hava almayacak şekilde sıkıca kapatılarak 28 °C'lik etüvde inkübasyona bırakılır.
- 3 günlük periyotlarla kavanozlar çıkarılarak titrasyon işlemi yapılır.
- Titrasyonda kavanozlardaki Ba(OH)₂'den 2 ml, 25 ml'lik cam beherlere alınır, üzerine 1 damla Fenolftalein eklenir, çözelti rengi pembeleşir.
- Bürete N/22'lik Oksalik asit doldurularak örnek yavaş yavaş titre edilir.
- Çözelti rengi pembeden beyaza döndüğü anda titrasyon işlemi bitirilir.
- 40 ml'lik Ba(OH)₂'e göre % CO₂ hesaplanır.

$$\% \text{CO}_2 = \frac{x \cdot 20}{KT} \times 100$$

x = Harcanan Oksalik asit miktarı (ml)

20 = Seyreltme katsayısı (40 ml /2)

KT= Kuru toprak ağırlığı (105 °C, 24 saat)

- CO₂ × 0.2727 değeri 100 g toprakta mineralleşen karbonu [mg C(CO₂) / 100g KT] verir.
- Her ölçüm gününde hesaplanan C(CO₂) değerleri birbirleriyle toplanarak 30 günlük kümülatif C(CO₂) miktarı belirlenir. Bu değer in toprağın toplam karbonuna oranı karbon mineralizasyon oranıdır (Schaefer, 1967).

3.2.5. İstatistik Analiz Yöntemleri

Çalışmada farklı yaş grubuna ait varyantlara ANOVA testi ile varyans analizi uygulanmıştır. 9 dönem boyunca alınan toprakların karbon, azot, dehidrogenaz aktivitesi, karbon mineralizasyonu ve oranlarının ortalamaları arasındaki farkın önemi Varyans analizi (One Way Anova) ve Tukey HSD testi ile değerlendirilmiştir (Kleinbaum, 1998). Varyans analizinde, ortalama sonuçlar yaş, parsel ve mevsim faktörüne göre kıyaslanmıştır. Araştırma bulguları ve ölçülen bütün değişkenlerin istatistiksel analizi için IBM SPSS v20 istatistik programı kullanılmıştır.

Her bitki için alınan toprağın (3 tekrarlı) ortalamaları $\pm$ standart hatalarıyla çizelge ve şekillerde sunulmuştur. Tüm istatistik analizlerde önemlilik düzeyleri $P \leq 0.05$, $P \leq 0,01$ ve $P \leq 0,001$ olarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ekim 2009 - Mayıs 2012 ayları arasında Doğu Akdeniz Bölgesi Tarsus Karabucak Ormanında, müdahale edilen kesilip-sürülmüş (S1); kesilmiş (S2) ve müdahale edilmeyen (S3) 3 farklı yaştaki (5, 7 ve 10) *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. (Okaliptüs) alanlarından alınan (0-20cm) toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

Toprakların yıl içinde maruz kaldığı çevresel faktörlerdeki değişimlerin organik madde içeriği ve dönüşümüne etkilerinin belirlenmesi amacıyla organik madde (karbon) mineralizasyonu incelenmiştir. 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyon grafikleri (Tukey HSD) çizilip kıyaslanmış ve *P* değerine göre önem dereceleri belirlenmiştir.

Çalışma boyunca alınan toprakların karbon (% C), azot (% N), C/N, dehidrogenaz aktivitesi, karbon mineralizasyonu ve mineralizasyon oranı sonuçlarının ortalamaları yaş, parsel ve mevsim faktörüne göre kıyaslanmıştır.

4.1. Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Analizlerinin Sonuçları

5, 7 ve 10 yaşlı *Eucalyptus camaldulensis* araştırma alanı topraklarının müdahale öncesi fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Tüm alanlarda topraklar ağır bünyelidir (killi). Toprakların % kum, silt ve kil içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olup silt ve kum 7 yaşta, kil 5 yaşta en yüksektir. Toprakların tarla kapasiteleri (%) arasında anlamlı bir fark bulunmuş olup bu değerler kil ve organik madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Toprakların pH'ları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı ve tümünün hafif bazik reaksiyon gösterdiği belirlenmiştir. Toprakların % tuz içerikleri arasındaki fark anlamlı olup 5 yaş toprakları “Orta tuzlu”, 7 ve 10 yaş toprakları “Hafif tuzlu” dur. Topraklar kireççe zengin olup 7 ve 10 yaş toprakları aşırı kireçli, 5 yaş toprakları orta derecede kireçlidir (Çizelge 4.1).

Tüm toprakların alınabilir fosfor içerikleri yüksek olup aralarındaki farklar

anlamlıdır. Ayrıca, toprakların Cu, Mn, Zn ve Fe içerikleri yeterli düzeydedir (Çizelge 4.1).

Topraklar organik maddece zengin olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken, toprakların karbon ve azot içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Toprakların en yüksek karbon ve azot içeriği 5 yaş alanında gözlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. 5, 7 ve 10 yaşlı *Eucalyptus camaldulensis* topraklarının müdahale öncesi fiziksel ve kimyasal analizleri ile ortalama ve standart hata değerleri ($n=9$)

	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> alanları			<i>P</i>
	5 yaş	7 yaş	10 yaş	
% Kil	56,83 ± 2,12	40,3 ± 2,00	48,66 ± 0,70	0,000
% Silt	29,36 ± 1,14	36,02 ± 2,08	30,76 ± 1,06	0,011
% Kum	13,81 ± 1,81	23,68 ± 2,88	20,59 ± 1,54	0,011
Bünye	C (killi)			
% TK	50,35 ± 1,77	34,35 ± 1,86	37,38 ± 0,55	0,000
% Kireç	16,82 ± 1,50	24,16 ± 0,31	22,85 ± 1,01	0,000
EC (mmhos/cm)	0,49 ± 0,05	0,28 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,000
% Org. Mad.	4,43 ± 0,42	3,48 ± 0,24	4,31 ± 0,19	0,071
% C	2,91 ± 0,10	2,25 ± 0,11	2,50 ± 0,11	0,001
% N	0,30 ± 0,01	0,20 ± 0,00	0,23 ± 0,01	0,000
C/N	9,91 ± 0,32	11,12 ± 0,54	10,99 ± 0,51	0,151
pH	7,86 ± 0,03	7,89 ± 0,01	7,87 ± 0,01	0,523
Cu (ppm)	2,03 ± 0,20	2,17 ± 0,07	2,49 ± 0,36	0,404
Mn (ppm)	4,43 ± 0,33	5,63 ± 0,20	3,73 ± 0,28	0,000
Fe (ppm)	25,37 ± 0,99	16,05 ± 0,83	19,05 ± 1,23	0,000
Zn (ppm)	0,79 ± 0,07	0,89 ± 0,08	0,5 ± 0,08	0,004
P ₂ O ₅ (kg/da)	3,6 ± 0,32	4,08 ± 0,32	2,51 ± 0,17	0,002

4.2. Toprak karbon içeriği (% C)

Farklı yaştaki *E. camaldulensis* alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen parsellerden (S3) mevsimsel olarak 9 dönem boyunca alınan toprakların karbon sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmış ve *P* değerine (0,05; 0,01; 0,001) göre önem dereceleri belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Ekim 2009 toprak örneklerinde, en yüksek karbon değeri % 3,15 ile 5 yaştan müdahale edilmeyen parselinde (S3), en düşük karbon % 2,02 ile 7 yaştan sürülen parselinde (S1) bulunmuştur. Tüm parsellerde karbon içeriklerinin 5 yaştan, 7 ve 10 yaştan daha fazla olduğu, ancak hem yaşlar, hem de parseller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Nisan 2010 toprak örneklerinde, karbon içeriği 5 yaştan S3 parselinde en yüksek (% 4,04) iken en düşük (% 2,48) aynı yaştan sürülen (S1) parselindedir. Parsellerin karbon içerikleri kıyaslandığında, 5 yaştan S1 ile S2 arasında $P<0,05$ ve S1 ile S3 arasında $P<0,001$ düzeyinde anlamlı fark olduğu, 7 yaştan ise sadece S2 ile S3 arasındaki farkın anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

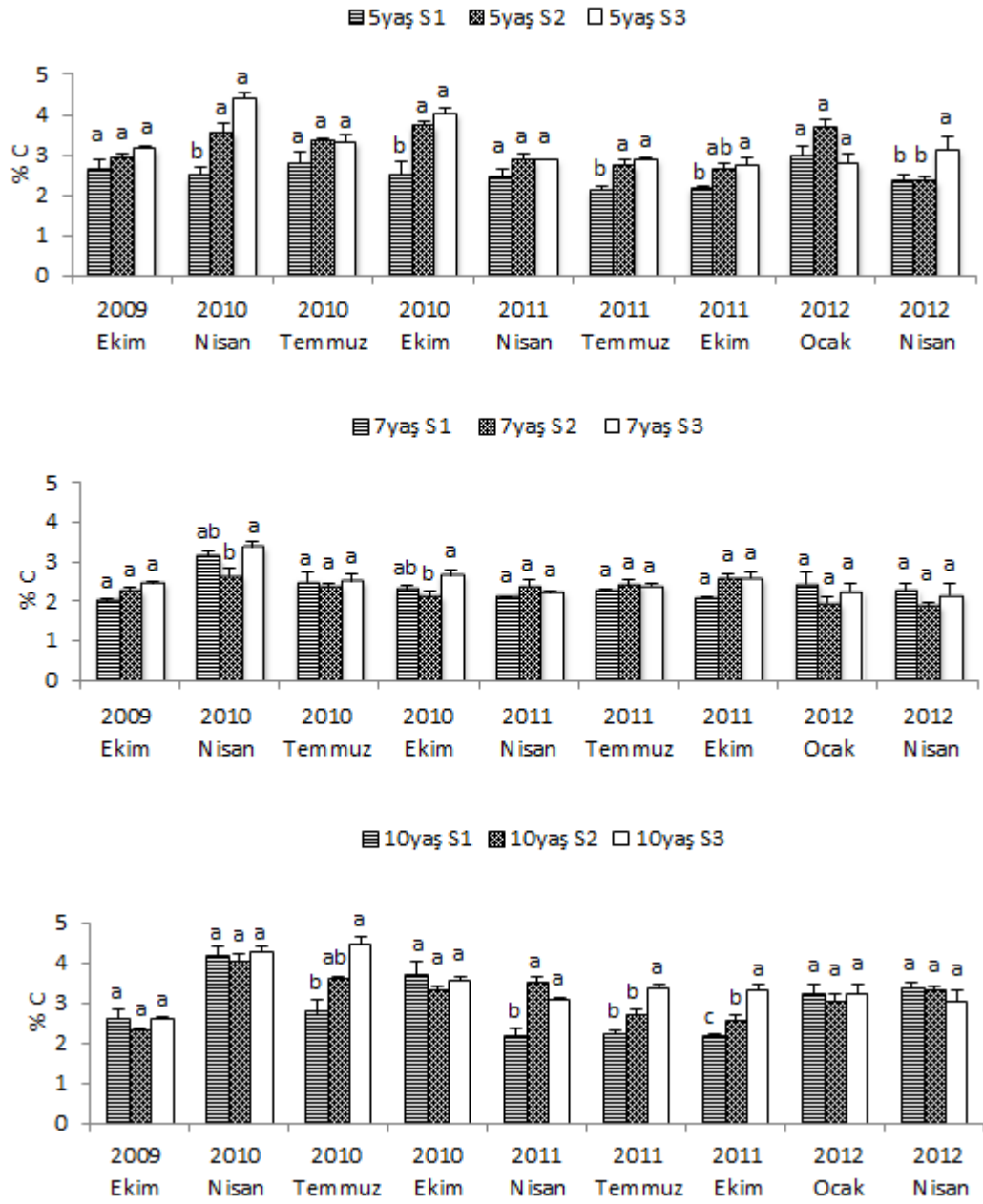
Temmuz 2010 topraklarının karbon içeriği 10 yaştan S3 parselinde en yüksek (% 4,47), 7 yaştan S2 de en düşüktür (% 2,37). Yaş grupları kendi içinde kıyaslandığında, en yüksek karbon içeriğinin S3 parsellerinde olduğu, 5 ve 7 yaştan parsellerinde toprakların karbon içerikleri arasında istatistiksel olarak fark yokken 10 yaştan S1 ile S3 parseli arasındaki farkın anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$). Karbon sonuçları yaş grupları arasında kıyaslandığında, 10 ve 7 yaştan S2 parseli arasındaki fark $P<0,001$, 10 yaştan S3 parseli ile 5 ve 7 yaştan S3 parselleri arasındaki fark $P<0,05$ düzeyinde anlamlıdır.

Ekim 2010'da, 5 ve 10 yaştan toprakların karbon içerikleri 7 yaştan daha yüksek olup en yüksek karbon % 4,04 ile 5 yaştan S3 parselinde, en düşük değer ise % 2,13 ile 7 yaştan S2 parselinde belirlenmiştir. 5 yaştan, sürülen (S1) parselinin karbon içeriği S2 ve S3 parsellerinden daha düşük olup bu farkın anlamlı olduğu ($P<0,01$), 7 ve 10 yaştan parselleri arasındaki farkların ise anlamsız olduğu belirlenmiştir.

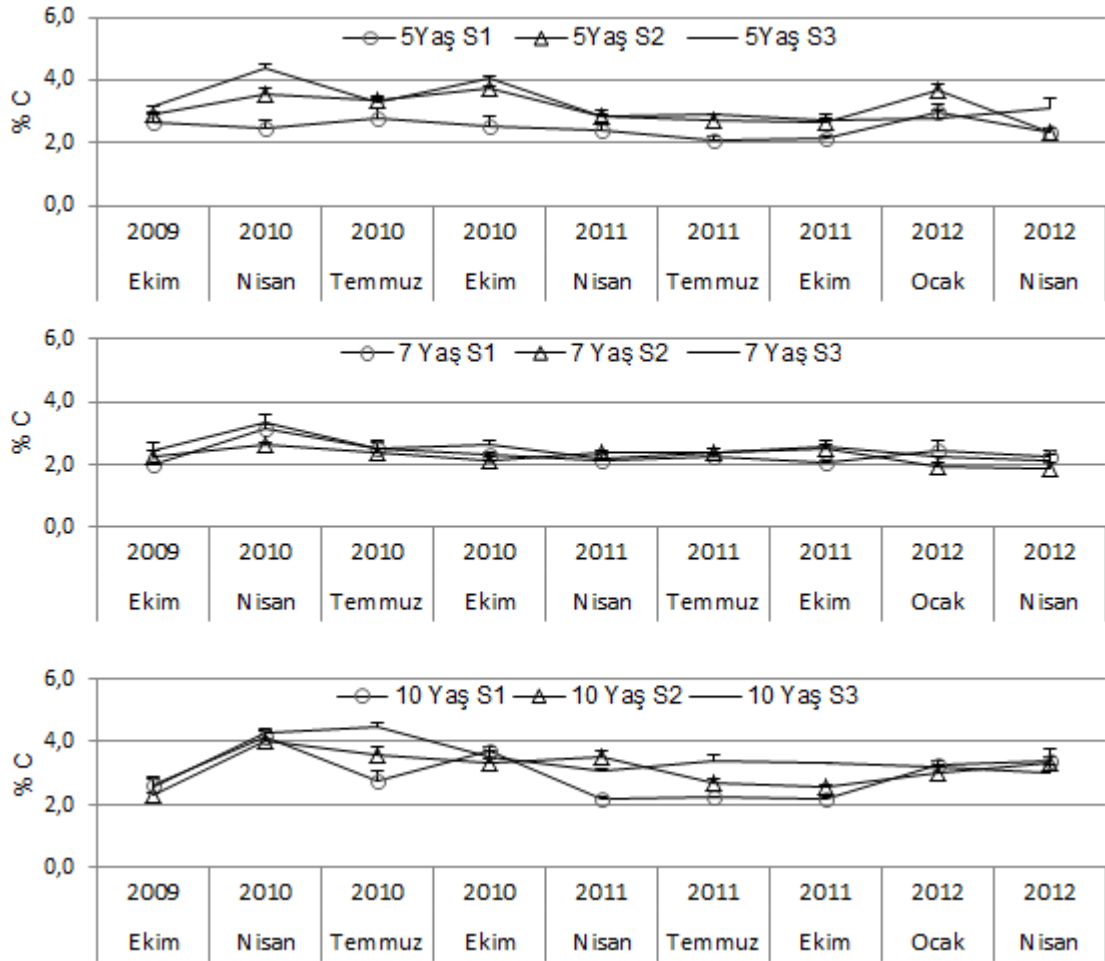
Çizelge 4.2. *E. camaldulensis* alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların karbon içerikleri (% C)

		% C											
Alan	Parsel	Ekim 2009			Temmuz 2010			Ekim 2010			Nisan 2011		
		Ekim	Nisan	2010	Temmuz	2010	bc	2,77 ±0,32	d	2,48 ±0,23	d	2,44 ±0,20	cd
5yaş	S1	2,65 ±0,24	a-c	2,48 ±0,23	d	2,77 ±0,32	bc	2,52 ±0,31	c	2,44 ±0,20	cd	2,12 ±0,10	d
	S2	2,93 ±0,08	ab	3,56 ±0,22	a-c	3,34 ±0,06	bc	3,73 ±0,11	a	2,87 ±0,16	bc	2,73 ±0,16	bc
	S3	3,16 ±0,04	a	4,40 ±0,13	a	3,33 ±0,18	bc	4,04 ±0,11	a	2,87 ±0,03	bc	2,89 ±0,06	ab
7yaş	S1	2,02 ±0,04	c	3,13 ±0,13	b-d	2,48 ±0,25	c	2,31 ±0,09	c	2,12 ±0,01	d	2,25 ±0,04	cd
	S2	2,26 ±0,19	bc	2,63 ±0,10	cd	2,37 ±0,14	c	2,13 ±0,10	c	2,36 ±0,10	cd	2,40 ±0,13	b-d
	S3	2,46 ±0,24	a-c	3,37 ±0,22	a-d	2,51 ±0,23	c	2,66 ±0,12	bc	2,22 ±0,12	d	2,39 ±0,09	b-d
10yaş	S1	2,62 ±0,23	a-c	4,18 ±0,18	a	2,77 ±0,27	bc	3,70 ±0,12	a	2,16 ±0,06	d	2,21 ±0,04	cd
	S2	2,29 ±0,10	a-c	4,02 ±0,41	ab	3,61 ±0,20	ab	3,31 ±0,12	ab	3,50 ±0,20	a	2,69 ±0,13	b-d
	S3	2,59 ±0,22	a-c	4,29 ±0,07	a	4,47 ±0,15	a	3,54 ±0,14	a	3,08 ±0,06	ab	3,38 ±0,20	a
		2011											
		Ekim 2011			Temmuz 2011			Ekim 2011			Ocak 2012		
		Ekim	Nisan	2011	Temmuz	2011	d	2,18 ±0,04	cd	2,97 ±0,24	a-c	2,36 ±0,13	a-c
		2,66 ±0,15	bc	2,66 ±0,15	bc	2,66 ±0,15	bc	2,76 ±0,15	b	2,81 ±0,22	a-d	3,12 ±0,31	ab
		2012			2012			2012			2012		
		2,09 ±0,04	d	2,44 ±0,31	b-d	2,44 ±0,31	b-d	2,26 ±0,17	a-c	1,94 ±0,13	d	1,88 ±0,16	c
		2,54 ±0,22	b-d	2,54 ±0,22	b-d	2,54 ±0,22	b-d	2,57 ±0,06	b-d	2,24 ±0,04	cd	2,14 ±0,21	bc
		2012			2012			2012			2012		
		2,18 ±0,06	cd	2,18 ±0,06	cd	2,18 ±0,06	cd	3,24 ±0,02	ab	3,36 ±0,13	a	3,33 ±0,44	a
		2,55 ±0,07	b-d	2,55 ±0,07	b-d	2,55 ±0,07	b-d	3,03 ±0,19	a-c	3,02 ±0,27	a-c	3,02 ±0,27	a-c

*2010 ve 2011 Ocak ayı örnekleri arazinin su altında kalması nedeni ile alınamamıştır.



Şekil 4.1. Müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların karbon (% C) içerikleri [harfler müdahaleler arasındaki farkın anlamını ifade etmektedir (Tukey HSD^a)]



Şekil 4.2. 5, 7 ve 10 yaş *E. camaldulensis* alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların karbon içeriklerinin (%) mevsimsel değişimi

Nisan 2011 toprak örneklerinde, en yüksek karbon 10 yaş S2 parselinde % 3,50 olarak ölçülürken en düşük 7 yaş S1 parselinde % 2,12 bulunmuştur. 10 yaş S1 parseli hariç 5 ve 10 yaş alanlarında karbon içerikleri 7 yaşa göre daha yüksektir. 10 yaş S1 parselinin karbon içeriğinin S2 ve S3 parsellerinden daha düşük olduğu, 5 ve 7 yaşta ise parseller arasında istatistiksel fark olmadığı belirlenmiştir.

Temmuz 2011 toprak örneklerinde, 7 yaşta en yüksek karbon içeriği 10 yaş S3 parselinde %3,38 iken en düşük % 2,12 ile 5 yaş S1 parselinde belirlenmiştir. S3 parsellerinde daha yüksek karbon ölçülmüştür. En düşük toprak karbon içerikleri ise müdahale edilmiş S1 parsellerindedir.

Ekim 2011 toprak örneklerinde 10 yaş S3 parselinde % 3,24 ile en yüksek

karbon ölçümü gerçekleşirken, en düşük 7 yaş grubu S1 parselinde % 2,09 olarak belirlenmiştir. Tüm yaş gruplarında karbon içerikleri S3 parsellerinde daha yüksek olup bu fark 5 ve 10 yaşta anlamlıdır ($P<0,01$; $P<0,001$). 7 yaşta parseller arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır.

Ocak 2012 toprak örneklerinde, en yüksek karbon 5 yaş S2, en düşük 7 yaş S2 parselindedir. Toprakların karbon içeriği 5 ve 10 yaşın tüm parsellerinde 7 yaş daha fazladır. Yaş grupları kendi içinde kıyaslandığında parsellerin karbon içerikleri arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Nisan 2012 toprak örneklerinde, bir önceki dönemde olduğu gibi parsellerin karbon içeriği 5 ve 10 yaşta 7 yaştan daha fazladır. Ancak karbon içerikleri arasındaki fark anlamlı değildir ($P>0,05$).

Toprakların karbon içerikleri kıyaslandığında, genel olarak 5 ve 10 yaş grubu topraklarda daha yüksek olduğu, tüm yaş gruplarında müdahale edilen parsellerde (S1, S2) müdahale edilmeyenlere (S3) göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Burada, topraklardaki mikrobiyal faaliyetin diğer yaş gruplarına göre daha düşük olmasının etkisiyle toprakta daha fazla karbon birikiminin olduğu, ayrıca geçmişteki uygulamalar sonucu ortamda daha fazla karbonun birikmiş olabileceği düşünülebilir.

Toprakların karbon değerlerinde zamana bağlı bir azalma olup bu azalış istatistiksel olarak anlamsızdır. Okaliptüs alanında toprağa karışan ölü örtünün, mineralizasyon yoluyla kaybolan karbonu telafi ettiği veya Okaliptüs bitkisinin mineralizasyonu yavaşlatarak karbon miktarını değiştirdiği düşünülebilir.

Toprak organik karbonunun zamanla azalması global bir olaydır ve bu da genelde arazi bozunumu ile başlar. Guo ve Gifford (2002) ormansızlaştırma ve toprak sürümünün doğal orman topraklarıyla karşılaştırıldığında, toprağın organik karbonunu yaklaşık % 30 azalttığını belirlemişlerdir. Bu durum, azalan organik madde girişinden ve toprak sürümü nedeniyle toprak organik maddesinin fiziksel olarak daha az korunmasından kaynaklanabilir (Davidson ve Ackerman 1993; Balesdent ve ark., 2000; Murty ve ark., 2002). Toprak sürümü, sıcaklık ve toprak nemi mikrobiyal populasyon ve aktivitesini etkileyerek organik maddenin ayrışma şiddetini ve CO₂ çıkışını değiştirmektedir (Fortin ve ark., 1996; Tan ve Lal, 2005).

Orman ekosistemlerinde alan kullanımı ve toprak işlemenin neden olduğu

karbondaki değişimler, atmosferdeki CO₂ artışından önemli derecede sorumludurlar (Canadell ve ark., 2000). Toprak yönetimindeki değişim toprakta depolanan karbon miktarını artırıp azaltabilir. Minimum toprak işleme, arazinin sürekli bitkili tutulması gibi uygulamalar karbonun depolanmasını sağlayarak atmosfere CO₂ salınımının yeniden dengeye gelmesine imkan verebilir (Sampson ve Scholes, 2000).

Karbonun doğrudan veya dolaylı yoldan toprakta tutulması önemlidir. Toprağın karbon bağlama ve depolama potansiyeli dinamik olup birçok çevresel faktöre bağlıdır. Ağaç türü ve yaşı, ana materyal, tekstür, biyolojik varlıklar, zaman ve değişen çevre koşulları topraktaki organik maddenin kalitesi ve miktarı üzerinde etkili olmaktadır (Paul ve ark., 2002; Shi ve Cui, 2010). Toprak özellikleri yanında insan faktörü de karbon bağlama potansiyelini etkilemektedir (Lagomarsino ve ark., 2011).

Orman ekosisteminde depolanan karbon miktarındaki artış ortama bırakılan organik maddenin miktarına ve kalitesine bağlıdır. Sampson (1995) topraklardan karbon salınımı ve depolanması ile atmosferdeki CO₂ miktarını düzenleyip değiştirebilecek orman ekosistemlerinin bitkisel kütle ve toprakta depoladığı karbon miktarı ile atmosfere salımları azaltabileceğini belirtmiştir. Toprak ve bitki yönetimi bu bağlamda önemlidir.

4.3. Toprak Azot İçeriği (% N)

Müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) *E. camaldulensis* parsellerinden mevsimsel olarak alınan toprakların azot (N) sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmış ve *P* değerine (0,05; 0,01; 0,001) göre önem dereceleri belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Ekim 2009 toprak örneklerinde, en yüksek azot değeri % 0,32 ile 5 yaşın müdahale edilmeyen (S3) parselinde, en düşük azot değeri ise % 0,20 ile 7 yaşın S2 parselinde belirlenmiştir ($P<0,01$). Azot içeriği, 5 ve 10 yaşın tüm parsellerinde 7 yaşın parsellerine göre daha yüksektir. 5 ve 10 yaşın parselleri arasındaki farklar anlamsız ($P>0,05$) iken 5 yaşın S3 parseli ile 7 yaşın tüm parselleri arasındaki farkların anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Yaş gruplarının S1, S2 ve S3

parselleri arasındaki farklar ise istatistiksel olarak anlamsızdır ($P>0,05$).

Nisan 2010 toprak örneklerin azot içeriği 10 yaştın S3 parselinde en yüksek (% 0,36) iken en düşük (% 0,20) 7 yaştın sürülen (S1) parselindedir. Ekim 2009 toprak örneklerinde olduğu gibi azot içeriği 5 ve 10 yaştın tüm parsellerinde daha yüksektir. Yaş grupları kendi içinde kıyaslandığında uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark belirlenmemiştir.

Temmuz 2010 toprakların azot içeriği 10 yaştın S3 parselinde en yüksek (%0,32) iken aynı yaştın sürülen S1 parselinde (% 0,20) en düşüktür ($P<0,05$). Diğer tüm parsellerin azot içerikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsızdır.

Ekim 2010'da en yüksek azot 5 yaştın S3 parselinde (% 0,32) iken 7 yaştın S2 parselinde en düşüktür (% 0,20). Hem yaşlar, hem de tüm parseller arasında anlamlı bir fark belirlenmemiştir ($P>0,05$). Her 3 yaş grubunda da parseller arasında istatistiksel fark bulunamamıştır.

Nisan 2011 ve Temmuz 2011 toprak örneklerinde, tüm uygulamaların azot içeriği % 0,18-0,28; Ekim 2011'de % 0,22-0,31 arasında olup 10 yaştın S3 parsellerinde en yüksektir ($P>0,05$).

Ocak 2012 topraklarının azot içerikleri % 0,18-0,33 arasında ölçülmüştür. 5 yaştın parsellerinde azot daha yüksektir. Farklı yaşların S1, S2 ve S3 parsellerinin azot sonuçları arasındaki farkların anlamsız olduğu belirlenmiştir.

Nisan 2012 topraklarının azot içerikleri ise % 0,16-0,28 arasındadır. En yüksek azot 5 yaştın S2 parselinde; en düşük ise 7 yaştın S2 parselinde ölçülmüştür. Yaşlar kendi içinde kıyaslandığında 5 yaştın parselleri arasında fark bulunamamışken ($P>0,05$) 7 yaştın S3 ile S1 parselleri arasında $P<0,05$, 10 yaştın S3 ile S1 ve S2 parselleri arasında $P<0,05$ düzeyinde anlamlı farklar vardır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. *E. camaldulensis* alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların azot (% N) içerikleri

		% N											
Alan	Parsel	Ekim 2009	Nisan 2010	Temmuz 2010	Ekim 2010	Nisan 2011	Temmuz 2011	Ekim 2011	Ocak 2012	Nisan 2012			
5yaş	S1	0,27 ±0,04 ab	0,22 ±0,01 cd	0,32 ±0,01 a	0,25 ±0,05 a	0,19 ±0,00 b	0,24 ±0,01 b-d	0,22 ±0,01 c	0,33 ±0,02 a	0,25 ±0,02 ab			
	S2	0,30 ±0,00 ab	0,35 ±0,05 ab	0,28 ±0,03 ab	0,30 ±0,05 a	0,22 ±0,01 ab	0,20 ±0,00 cd	0,24 ±0,02 a-c	0,29 ±0,01 ab	0,28 ±0,00 a			
	S3	0,32 ±0,03 a	0,31 ±0,02 a-d	0,28 ±0,03 ab	0,33 ±0,02 a	0,18 ±0,01 b	0,22 ±0,03 b-d	0,22 ±0,01 bc	0,30 ±0,01 ab	0,25 ±0,01 ab			
7yaş	S1	0,20 ±0,01 b	0,24 ±0,01 b-d	0,27 ±0,01 ab	0,21 ±0,03 a	0,21 ±0,01 ab	0,25 ±0,02 a-d	0,26 ±0,02 a-c	0,19 ±0,01 d	0,23 ±0,01 ab			
	S2	0,20 ±0,00 b	0,21 ±0,01 cd	0,28 ±0,02 ab	0,20 ±0,01 a	0,26 ±0,02 ab	0,22 ±0,01 b-d	0,26 ±0,03 a-c	0,18 ±0,01 d	0,16 ±0,01 c			
	S3	0,20 ±0,01 b	0,20 ±0,01 d	0,26 ±0,01 ab	0,25 ±0,02 a	0,27 ±0,02 a	0,30 ±0,02 ab	0,30 ±0,01 ab	0,29 ±0,02 ab	0,19 ±0,02 bc			
10yaş	S1	0,23 ±0,04 ab	0,30 ±0,02 a-d	0,20 ±0,01 b	0,25 ±0,01 a	0,24 ±0,01 ab	0,18 ±0,01 d	0,25 ±0,02 a-c	0,21 ±0,00 cd	0,26 ±0,01 a			
	S2	0,21 ±0,01 b	0,32 ±0,03 a-c	0,24 ±0,01 ab	0,23 ±0,01 a	0,27 ±0,01 a	0,27 ±0,01 a-c	0,27 ±0,01 a-c	0,22 ±0,01 cd	0,26 ±0,01 a			
	S3	0,25 ±0,01 ab	0,36 ±0,01 a	0,32 ±0,03 a	0,26 ±0,02 a	0,28 ±0,03 a	0,32 ±0,02 a	0,31 ±0,01 a	0,26 ±0,00 bc	0,23 ±0,00 ab			

*2010 ve 2011 Ocak ayı örnekleri arazinin su altında kalması nedeniyle ile alınamamıştır.

Genel olarak, farklı yaş gruplarının parselleri kendi içinde karşılaştırıldığında, 9 dönem boyunca alınan toprakların azot içerikleri arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğu, dönemsel olarak karşılaştırıldığında ise uygulamalar arasında mevsimsel farklılıktan kaynaklanan değişimlerin olduğu ve bu değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Toprakların azot içeriklerindeki dönemsel artış ve azalışların sürüm ve ağaç kesimi ile topraklara yapılan müdahalelerden çok, örnek alım dönemleri arasındaki mevsimsel farklılıklardan kaynaklandığı, toprak azotunun müdahalelerden fazla etkilenmediği belirlenmiştir.

4.4. Karbon-Azot (C/N) Oranı

C/N oranı topraklardaki net azot mineralizasyonu ve birikiminin göstergesidir. Karbonca zengin organik maddeler toprak mikroorganizmalarına geniş bir kaynak oluştururlar. Bu, mikroorganizma populasyonunun genişlemesine ve daha yüksek mineral azot tüketime yol açar. Substratın C/N oranı yüksek ise düşük düzeyde azot mineralizasyonu ve çok düşük oranda nitrifikasyon meydana gelir (Attiwill ve Leeper, 1987).

Toprakların C/N oranları 7,69 (Kış 2012) ile 16.90 (İlkbahar 2010) arasında olup ortalama 11,45 olarak belirlenmiştir. Genel olarak toprakların ortalama C/N oranları birbirine yakın düzeyde olup yaş gruplarına göre 10yaş > 5yaş > 7yaş iken uygulamalara göre S3 > S2 > S1 olarak sıralanmiştir.

Tınlı ve killi topraklarda genelde C/N oranı 10 düzeyindedir (Hassink, 1994). C/N oranını topraktaki organik karbon miktarı belirlemekte, bitkinin azottan yararlanabilmesi için toprağın C/N oranı önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. İdeal oran 10-20 arasında olup bu oranın sağlanması, toprak karbon miktarının yüksek olması azotun da yüksek miktarda olmasını gerektirmektedir. Aksi durumda azot sınırlayıcı faktör konumuna geçmektedir.

Çizelge 4.4. *E. camaldulensis* alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların C/N oranları

C/N										
Alan Parsel		Ekim 2009	Nisan 2010	Temmuz 2010	Ekim 2010	Nisan 2011	Temmuz 2011	Ekim 2011	Ocak 2012	Nisan 2012
5yaş	S1	9,91 ±0,42 a	11,42 ±0,47 a	8,74 ±1,28 c	10,44 ±1,18 a	13,04 ±0,90 ab	8,96 ±0,26 b	10,10 ±0,41 a	9,00 ±0,58 cd	9,77 ±1,37 ab
	S2	9,87 ±0,16 a	10,75 ±2,02 a	12,14 ±1,20 a-c	13,31 ±2,30 a	13,18 ±1,35 ab	13,90 ±0,90 a	11,12 ±0,64 a	12,65 ±0,23 b	8,53 ±0,41 b
	S3	9,93 ±1,00 a	14,26 ±0,51 a	11,87 ±0,69 a-c	12,40 ±0,40 a	15,90 ±1,42 a	13,48 ±1,52 a	12,46 ±1,17 a	9,26 ±0,52 cd	12,74 ±1,36 ab
7yaş	S1	9,96 ±0,31 a	13,40 ±1,42 a	9,16 ±0,56 c	11,38 ±1,58 a	10,03 ±0,69 bc	8,94 ±0,50 b	8,32 ±0,97 a	12,56 ±0,86 b	9,71 ±0,54 ab
	S2	11,32 ±0,97 a	12,86 ±1,17 a	8,39 ±0,12 c	10,96 ±1,09 a	9,26 ±0,57 bc	10,88 ±0,11 ab	10,16 ±2,02 a	10,85 ±1,07 bc	12,12 ±0,91 ab
	S3	12,08 ±1,12 a	16,85 ±0,53 a	9,83 ±1,11 bc	10,99 ±1,08 a	8,38 ±0,58 c	8,17 ±0,73 b	8,51 ±0,47 a	7,69 ±0,36 d	11,23 ±0,23 ab
10yaş	S1	11,50 ±0,77 a	14,08 ±1,40 a	13,54 ±0,74 ab	14,72 ±1,21 a	9,14 ±0,13 bc	12,20 ±0,98 ab	8,93 ±0,56 a	15,70 ±0,22 a	12,75 ±0,42 ab
	S2	11,17 ±0,91 a	12,92 ±2,57 a	15,24 ±0,06 a	14,64 ±0,43 a	13,13 ±0,55 ab	10,13 ±0,71 ab	9,61 ±0,59 a	13,53 ±0,53 ab	12,71 ±1,26 ab
	S3	10,30 ±1,16 a	11,94 ±0,19 a	13,99 ±0,89 ab	13,95 ±1,13 a	11,26 ±1,15 bc	10,65 ±1,06 ab	10,61 ±0,36 a	12,54 ±0,49 b	13,29 ±1,04 a

*2010 ve 2011 Ocak ayı örnekleri arazinin su altında kalması nedeni ile alınamamıştır.

Yaşar ve ark. (2009) Akdeniz ikliminde *Eucalyptus camaldulensis*'in killi tınlı topraklarında C/N oranını 15,0 olarak belirlemişlerdir. Bouillet ve ark. (1999) ve Gonçalves ve ark. (2000) tropikal bölgede *Eucalyptus* plantasyonlarında toprakların C/N oranını 10-13, O'Connell ve ark. (2000) Avusturalya'nın ılıman bölge topraklarında C/N oranını 15-25, Polglase ve ark. (1992) ılıman ve tropikal iklimlerde Okaliptüs ormanları topraklarında C/N oranını 12-22 arasında bulmuşlardır. Smolander ve Kitunen (2011), farklı huş ağacının topraklarında C/N oranını 17-37 arasında belirlemişlerdir. Maquere ve ark. (2008), Okaliptüs ormanlarında C ve N içeriklerini 0-5 cm derinlikte ortalama % 1,25 C ve % 0,07 N olduğunu ayrıca C/N oranının 15,1-23,6 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Kunkel ve ark. (2011) da, yarı kurak arazide, topraktaki C/N oranını 6,2-16,4, ortalama 10,1 bulmuşlardır.

4.5. Dehidrogenaz Aktivitesi

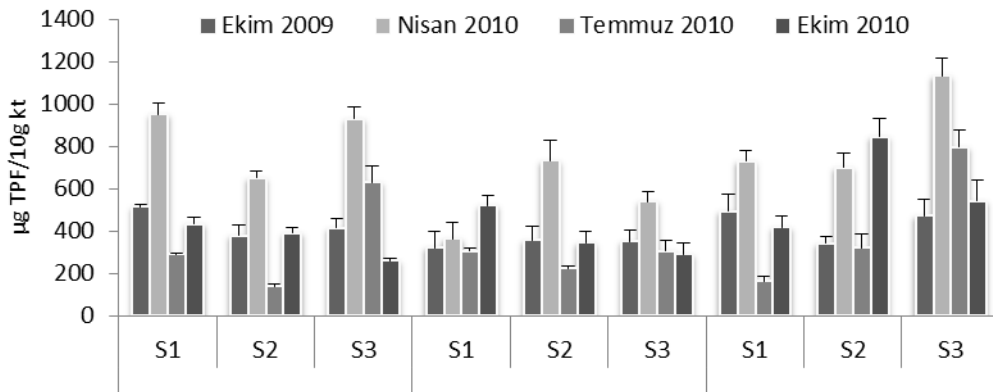
E.camaldulensis alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen parsellerden (S3) mevsimsel olarak alınan toprakların dehidrogenaz aktivitesi sonuçları ($\mu\text{g TPF}/10\text{g kt}$) istatistiksel olarak değerlendirilmiş, ortalama ve standart hata değerleri ve *P* değerine (0,05; 0,01; 0,001) göre önem dereceleri belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Ekim 2009 toprak örneklerinde 5, 7 ve 10 yaşın tüm parsellerinde dehidrogenaz aktiviteleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($P>0,05$). Nisan 2010 topraklarında, en yüksek aktivite 10 yaşın müdahale edilmeyen (S3) parselinde iken en düşük aktivite ise 7 yaşın S1 parselinde belirlenmiştir. Temmuz 2010 topraklarında en yüksek aktivite 10 yaşın S3, en düşük aktivite ise 5 yaşın S2 parselinde belirlenmiştir. 5 ve 10 yaşın S3 parsellerinin enzim aktivite sonuçları diğer tüm parsellerden daha yüksek olup aralarındaki farklar anlamlıdır. Ekim 2010 topraklarında, en yüksek aktivite 10 yaşın S2 parselinde; en düşük aktivite ise 5 yaşın S3 parselinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların dehidrogenaz aktivitesi sonuçları ($\mu\text{g TPF}/10\text{g kt}$) [harfler parseller arasındaki ilişkiyi ifade eder (dikey) (TukeyHSD^a)]

Alan	Parsel	Ekim 2009	Nisan 2010	Temmuz 2010	Ekim 2010
5yaş	S1	515,1 $\pm$ 13,7 a	951,0 $\pm$ 55,5 ab	289,1 $\pm$ 4,6 b	434,1 $\pm$ 34,1 b
	S2	379,4 $\pm$ 48,7 a	651,6 $\pm$ 33,7 bcd	138,8 $\pm$ 13,0 b	391,2 $\pm$ 26,2 b
	S3	414,8 $\pm$ 42,4 a	929,9 $\pm$ 55,0 ab	630,4 $\pm$ 79,1 a	259,6 $\pm$ 11,5 b
7yaş	S1	323,4 $\pm$ 73,0 a	364,2 $\pm$ 76,9 d	306,0 $\pm$ 16,2 b	521,9 $\pm$ 44,1 b
	S2	357,2 $\pm$ 65,7 a	731,8 $\pm$ 95,5 bc	225,3 $\pm$ 11,6 b	345,2 $\pm$ 56,4 b
	S3	352,5 $\pm$ 50,5 a	540,6 $\pm$ 48,2 cd	306,7 $\pm$ 47,6 b	289,4 $\pm$ 53,1 b
10yaş	S1	494,8 $\pm$ 78,5 a	730,9 $\pm$ 50,4 bc	165,7 $\pm$ 24,4 b	418,1 $\pm$ 55,3 b
	S2	342,0 $\pm$ 34,0 a	700,4 $\pm$ 71,0 bc	321,7 $\pm$ 66,2 b	845,7 $\pm$ 83,9 a
	S3	472,4 $\pm$ 77,7 a	1132,0 $\pm$ 86,0 a	796,1 $\pm$ 80,7 a	542,4 $\pm$ 100,6 b

Sonuçlar parseller arasında kıyaslandığında, dehidrogenaz aktiviteleri genelde birbirine yakın düzeylerde olup düşüktür. Tüm dönemlerde yaş grupları kıyaslandığında, ortalama en düşük aktiviteler 7 yaşın parsellerinde ölçülmüştür. Toprakların enzim aktivitesi Nisan 2010 örneklerinde 10 yaşın müdahale edilmeyen (S3) parselinde en yüksek (1131 $\mu\text{g TPF}/10\text{g kt}$) iken, en düşük aktivite Temmuz 2010 topraklarında 5 yaşın müdahale edilen S2 parselinde (138,8 $\mu\text{g TPF}/10\text{g kt}$) belirlenmiştir (Çizelge 4.5).



Şekil 4.3. *E. camaldulensis* alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların dehidrogenaz aktivitelerinin mevsimsel değişimi

Aşkın ve ark. (2004), toprakların bazı mikrobiyolojik özelliklerini belirlemek amacıyla 5 farklı toprak serisinden 0-20 cm'den aldıkları örneklerde dehidrogenaz aktivitesini 132,9-658,6 $\mu\text{g TPF g kt}$ olarak belirlemişlerdir. Gök ve Onaç (1995) ise

Hilvan ve Baziki ovalarının yaygın toprak serilerinde dehidrogenaz aktivitesinin 390–1595 µg TPF/10 g kt arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.6. Mevsime göre, dehidrogenaz aktivitesi arasındaki varyasyonlar [harfler mevsimler arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir (TukeyHSD^a)]

	5yaş			7yaş			10yaş		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Ekim 2009	b	ab	bc	a	b	ab	ab	b	b
Nisan 2010	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Temmuz 2010	c	c	b	a	b	b	c	b	ab
Ekim 2010	bc	ab	c	a	b	b	b	a	b

Dehidrogenaz aktivitesi sonuçları dönemsel olarak değerlendirildiğinde, en yüksek aktivite Nisan 2010 toprak örneklerinde, en düşükü ise Temmuz 2010 topraklarında ölçülmüştür. 7 yaş S1 ve 10 yaş S3 parseli hariç, ilkbahar ve yaz dönemi topraklarının dehidrogenaz aktiviteleri arasındaki farkların anlamlı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Quilchano ve Maranon (2002) İspanya’da *Quercus suber* ormanlarında sonbahar ve yazın 0-10’cm den aldıkları toprak örneklerinde dehidrogenaz aktivitesinin sonbaharda yazıya göre yaklaşık iki kat olduğunu belirlemişlerdir.

Bir yıllık süreçte mevsimsel farklılıklardan kaynaklanan dönemsel aktivite değişimleri gözlenmektedir. 10 yaş S2 parseli hariç, 2009 ve 2010 yıllarında aynı mevsimde alınmış toprakların enzim aktiviteleri birbirine paralel olup aralarındaki farklar istatistiksel olarak anlamsızdır ($P>0,05$). Quilchano ve Maranon (2002) toprak kullanımının dehidrogenaz aktivitesini olumsuz etkilediğini, bu etkinin kurak mevsimde (yaz) daha fazla olduğunu, bu aktivitede mevsim ve toprak özelliklerinin arazi kullanımından daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Ekim 2009 hariç, dehidrogenaz enzim aktivitesi ile toprakların karbon içerikleri arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir. Müdahale edilen S1 ve S2 parsellerinde organik madde miktarındaki azalış enzim aktivitesini baskılamış olabilir. Garcia ve ark. (2002) vejetasyonla korunmayan topraklarda enzim aktivitesini azaldığı, Klose ve Tabatabai (2000) vejetasyon kaybının organik madde miktarını azalttığını ve mikrobiyal biyoması baskıladığını, böylece enzim aktivitesinin azaldığını ifade etmişlerdir. Aktivite her zaman toplam mikroorganizma

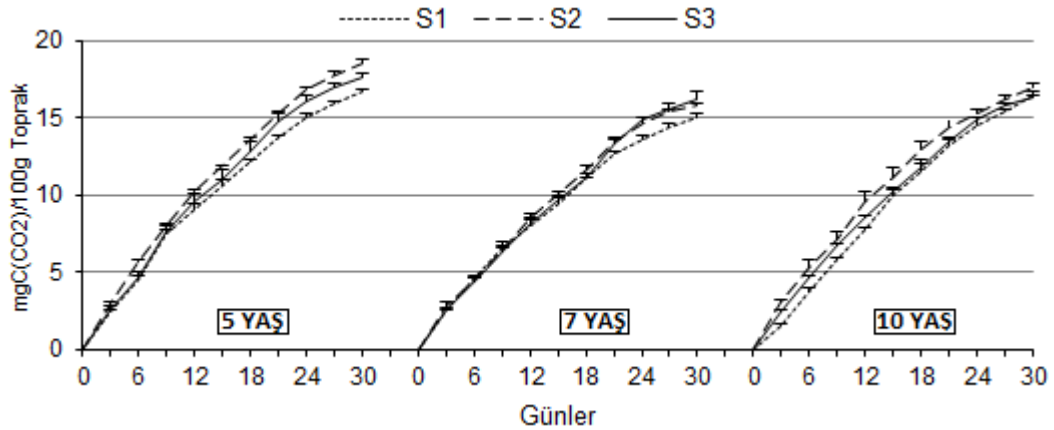
sayısı ile ilişkili olmayıp, toprak nemi ve sıcaklığı gibi çevresel faktörler ile organik madde gibi toprak özelliklerinden önemli oranda etkilenmektedir (Aşkın ve ark., 2004). Garcia ve ark. (1997) ile Bastida ve ark. (2006) toprakların organik madde içeriği ile toprak dehidrogenaz aktivitesi ve CO₂ üretimi arasında oldukça yüksek pozitif korelasyon belirlemişlerdir. Nunes ve ark. (2012) ise alan bozunumunun toprak mikrobiyal biyoması oldukça düşürdüğünü, alan ıslahının ise mikrobiyal biyoması arttırabileceğini ifade etmişlerdir.

Beyer ve ark. (1993) dehidrogenaz aktivitesinin doğrudan mikrobiyal aktiviteyi tam olarak yansıtamayacağını, ancak sonuçların redoks potansiyeli, su ve havalanmaya bağlı olarak değiştiğini, ayrıca dehidrogenaz aktivitesinin toprak tipi, tekstür, pH, kil ve organik C içeriğinden etkilendiğini ifade etmişlerdir.

4.6. Toprak Organik Madde (Karbon) Mineralizasyonu

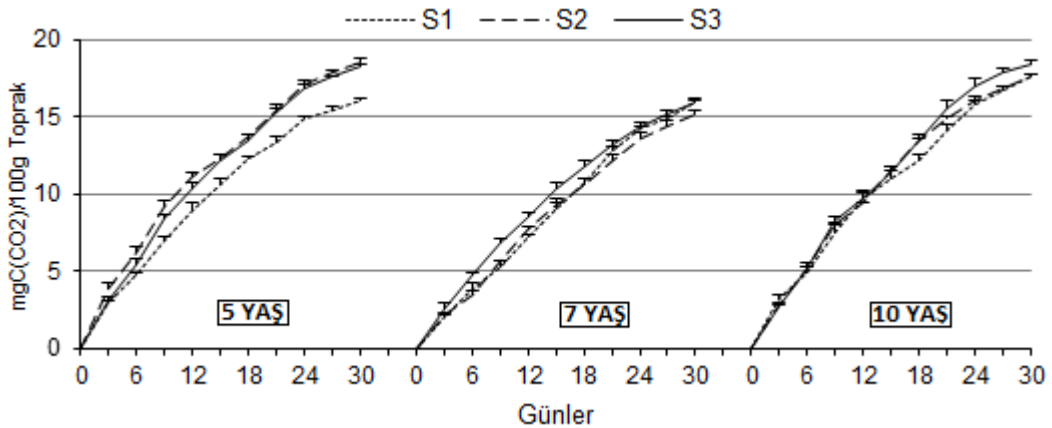
Doğu Akdeniz Bölgesinde yetişen 3 farklı yaştaki (5, 7 ve 10) *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. (Okalıptüs) plantasyonlarında kesilip-sürülmüş (S1), kesilmiş (S2), kendi haline bırakılan (doğal) (S3), üç ayrı alandan alınan toprakların 30 günlük kümülatif organik madde (karbon) mineralizasyonları kontrollü koşullar altında (28 °C, sabit nem) CO₂ respirasyonu yöntemi ile belirlenmiştir (Schaefer, 1967) [mg C(CO₂)/100g Toprak]. Ölçüm değerleri Çizelge 4.7'de sunulmuştur.

E. camaldulensis plantasyonlarında müdahale edilmiş (S1, S2) ve edilmemiş (S3) alanların topraklarının karbon mineralizasyonunun sürülmüş alanlarda, doğal ve tıraşlanarak bırakılan alanlara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. En yüksek faaliyet ise genelde müdahalesiz doğal alanlarda gerçekleşmiştir.



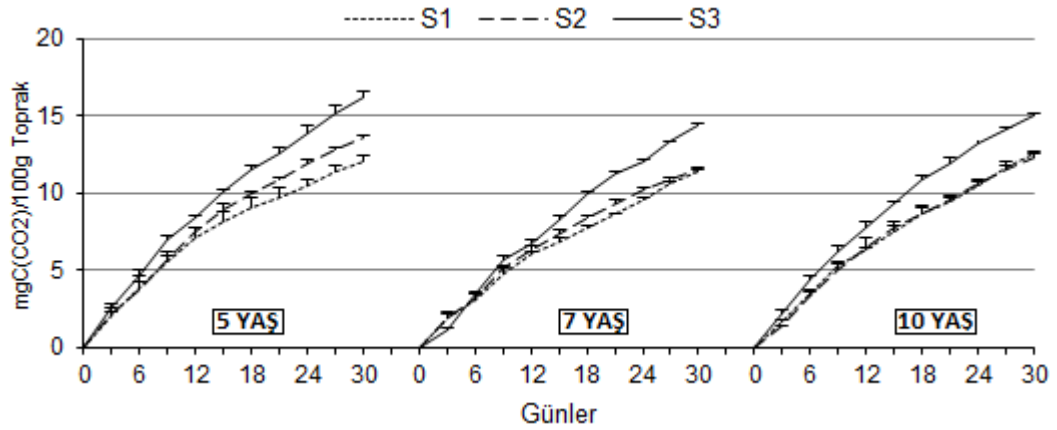
Şekil 4.4. Ekim 2009 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri [mg C(CO₂)/100g Toprak]

Ekim 2009 toprak örneklerinde karbon mineralizasyonları 15,02 – 18,52 mg C(CO₂)/100 g arasında ölçülmüş olup 5 yaşta tıraşlanıp kendi haline bırakılan (S2) alanda toprakların karbon mineralizasyonu; tıraşlanarak sürülmüş (S1) ($P < 0,05$) ve müdahale edilmemiş doğal (S3) alanlara göre daha yüksektir. 7 ve 10 yaşta (S1-S2-S3 parselleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Karbon mineralizasyon sonuçları 5 yaşta diğer yaş gruplarına göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. En düşük mineralizasyon ise 7 yaşta ölçülmüştür (Şekil 4.4).



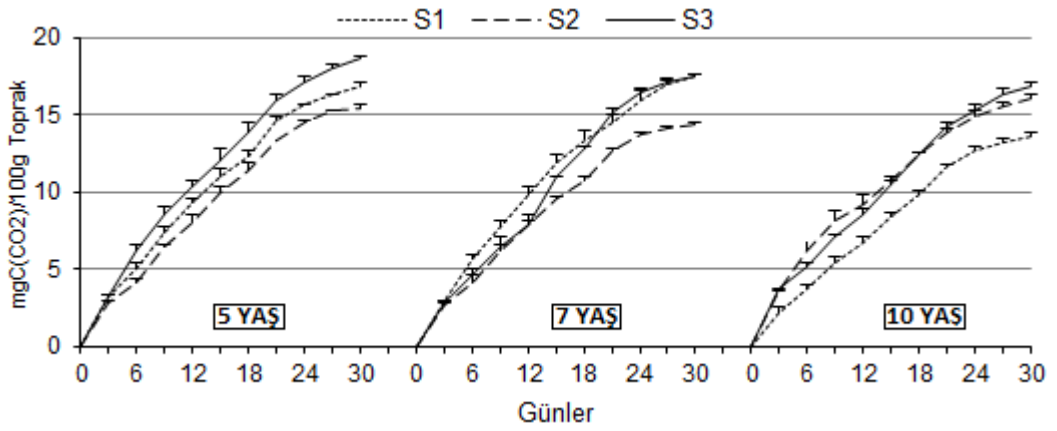
Şekil 4.5. Nisan 2010 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri [mg C(CO₂)/100g Toprak]

Nisan 2010 toprak örneklerinde, Ekim 2009 topraklarında olduğu gibi 5 yaşta, sürülen alanlarda (S1) karbon mineralizasyonu diğer alanlara (S2; S3) göre daha düşük olup aralarındaki mineralizasyon farkı anlamlıdır ($P < 0,05$). 7 ve 10 yaşta, S1, S2 ve S3 alanları arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı değildir.



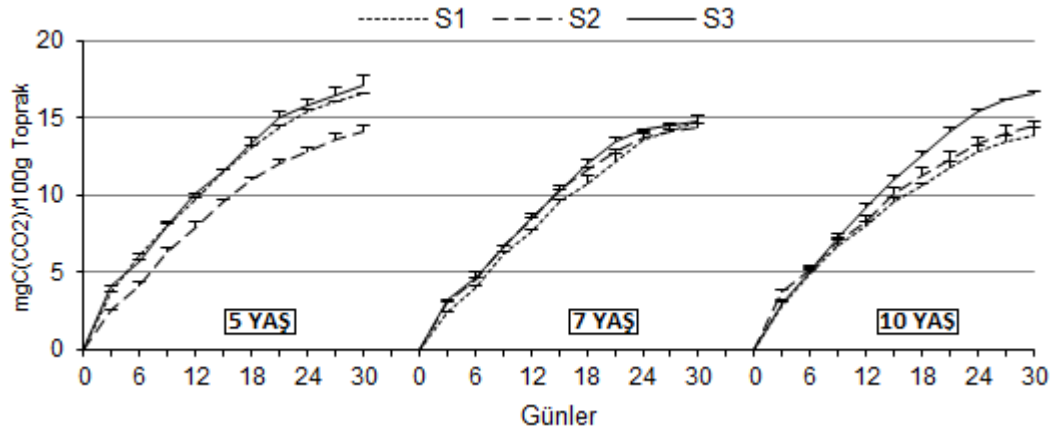
Şekil 4.6. Temmuz 2010 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri [mg C(CO₂)/100g Toprak]

Temmuz 2010 toprak örneklerinde, her üç yaşta da müdahale edilmiş alanlarda toprakların karbon mineralizasyonunun müdahalesiz alanlara göre düşük olduğu ve bu farkların anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P<0,001$).



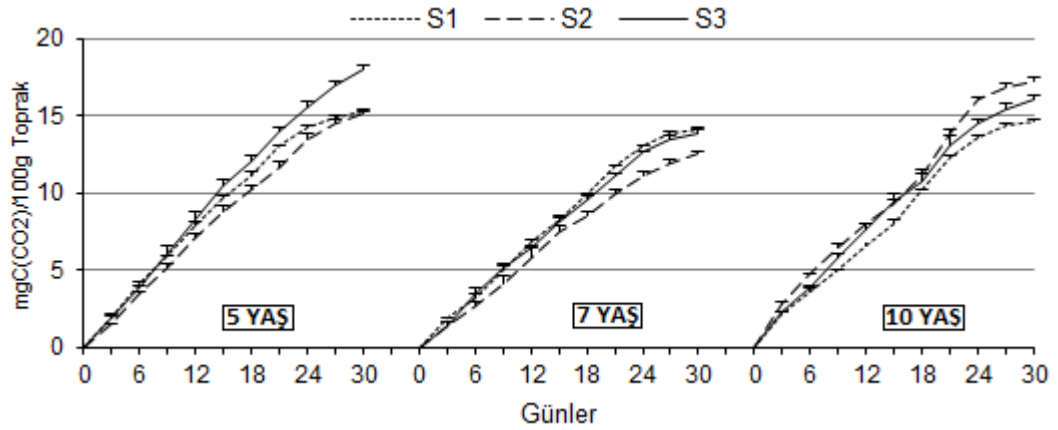
Şekil 4.7. Ekim 2010 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri [mg C(CO₂)/100g Toprak]

Ekim 2010 toprak örneklerinde, 5 ve 7 yaşta kesilip bırakılan (S2) alanlarda toprakların karbon mineralizasyonu sürülmüş (S2) ve müdahalesiz (S3) alanlara göre daha düşük olmuştur ($P<0,001$). 10 yaşta sürülen alanda en düşük mineralizasyon belirlenmiştir ($P<0,001$).



Şekil 4.8. Nisan 2011 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri [mg C(CO₂)/100g Toprak]

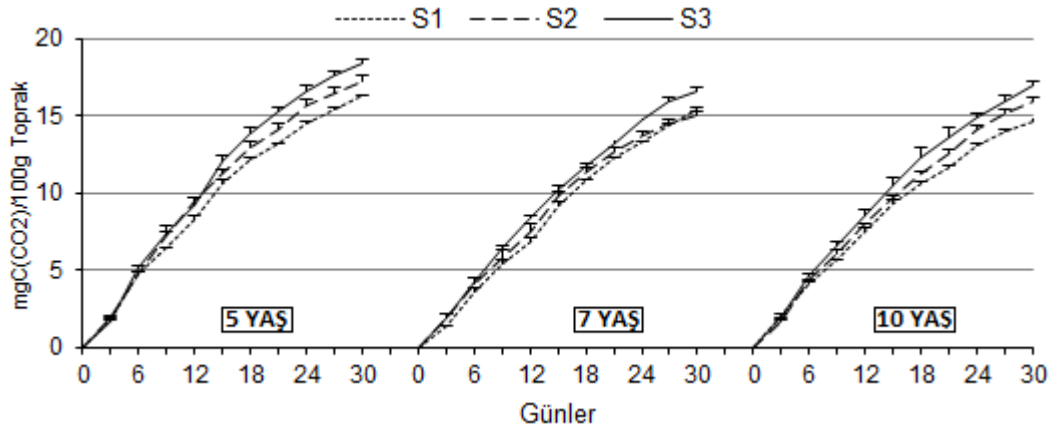
Nisan 2011 toprak örneklerinde, 5 ve 10 yaşta sürülen alanlarda (S1) karbon mineralizasyonun doğal (S3) alanlara göre daha düşük olduğu, bu farkların 5 yaşta $P<0,01$, 7 yaşta $P<0,001$ düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. 7 yaşta ise S1, S2 ve S3 topraklarının mineralizasyon sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim belirlenmemiştir ($P>0,05$).



Şekil 4.9. Temmuz 2011 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri [mg C(CO₂)/100g Toprak]

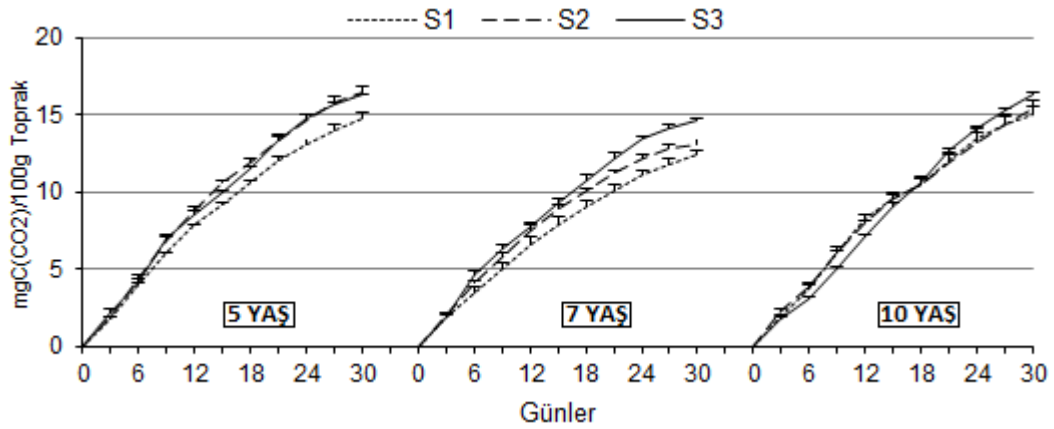
Temmuz 2011 toprak örneklerinde, 5 yaşta doğal alanlarda mineralizasyon müdahale edilen alanlara göre daha fazla olup aralarındaki fark anlamlı bulunmuştur ($P<0,001$). 10 yaşta S2 alanlarında mineralizasyon en yüksek olup müdahale edilmemiş alanla arasındaki fark anlamsız ($P>0,05$) iken sürülen alanla arasındaki mineralizasyon farkının anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P<0,001$). Nisan 2011

topraklarında olduğu gibi, 7 yaşta S1, S2 ve S3 topraklarının karbon mineralizasyonu sonuçları arasında farklar anlamsızdır ($P>0,05$).



Şekil 4.10. Ekim 2011 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri [mg C(CO₂)/100g Toprak]

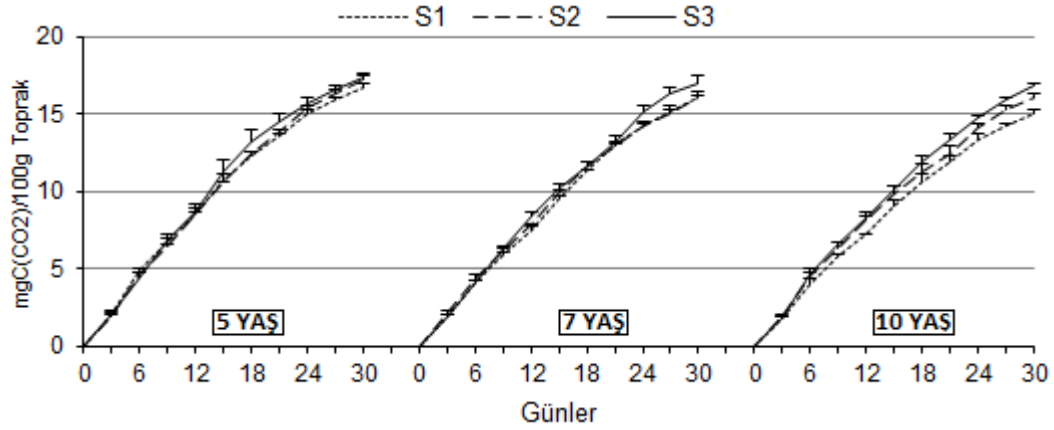
Ekim 2011 toprak örneklerinde, tüm yaşlarda toprakların karbon mineralizasyonu müdahalesiz doğal alanlarda daha yüksektir. Doğal alanla sürülen alanlar arasında fark 5 ve 10 yaşta anlamlıdır ($P<0,001$). 7 yaşta ise sadece kesilip bırakılan alanlarda doğal alanlara göre $P<0,05$ düzeyinde anlamlı fark bulunmuştur.



Şekil 4.11. Ocak 2012 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri [mg C(CO₂)/100g Toprak]

Ocak 2012 toprak örneklerinde, yine tüm yaşlarda doğal alanlarda mineralizasyonun daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel olarak sadece 5 yaşta S1 - S2 alanları arasında ($P<0,05$) ve 7 yaşta S1 - S3 alanları arasındaki

($P < 0,01$) farkın anlamlı olduğu saptanmıştır



Şekil 4.12. Nisan 2012 toprak örneklerinin 30 günlük kümülatif karbon mineralizasyonu eğrileri [mg C(CO₂)/100g Toprak]

Nisan 2012 toprak örneklerinde, müdahale edilmemiş doğal alanlarda mineralizasyon daha yüksek olup sürülen alanlarda mineralizasyon azdır. Müdahale edilen ve edilmeyen tüm alanlarda istatistiksel olarak herhangi bir fark bulunmamıştır.

E. camaldulensis topraklarının potansiyel karbon mineralizasyonu yaşlar arasında kıyaslandığında; müdahale edilmiş ve edilmemiş parsellerde mikrobiyal aktivitenin 5 yaşta diğer yaşlara göre çoğunlukla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. En düşük mineralizasyon 7 yaşta ölçülmüştür. 7 ve 10 yaşındaki *E. camaldulensis*'in karbon mineralizasyonları ise 5 yaşlıya göre daha az olup aralarında anlamlı fark belirlenmemiştir ($P > 0,05$). 7 ve 10 yaş grubundaki mineralizasyonun daha düşük olmasının çeşitli ekolojik nedenleri olabilir. Örneğin, yaşla birlikte *Eucalyptus*'un antimikrobiyal etkili sineol aktif maddesinin toprağa daha çok karışması ile açıklanabilir.

Okaliptüs plantasyonlarında müdahale edilmiş (S1, S2) ve edilmemiş (S3) alanların topraklarının karbon mineralizasyonu kıyaslandığında, müdahale edilmemiş S3 alanlarında karbon mineralizasyonu daha yüksek ölçülmüştür. Genel olarak parsellerin karbon mineralizasyon sonuçları $S3 > S2 > S1$ şeklinde sıralanmıştır.

Çizelge 4.7. *E. camaldulensis* alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların kümülatif C mineralizasyon sonuçları (30 gün) [mg C(CO₂) 100g KT]

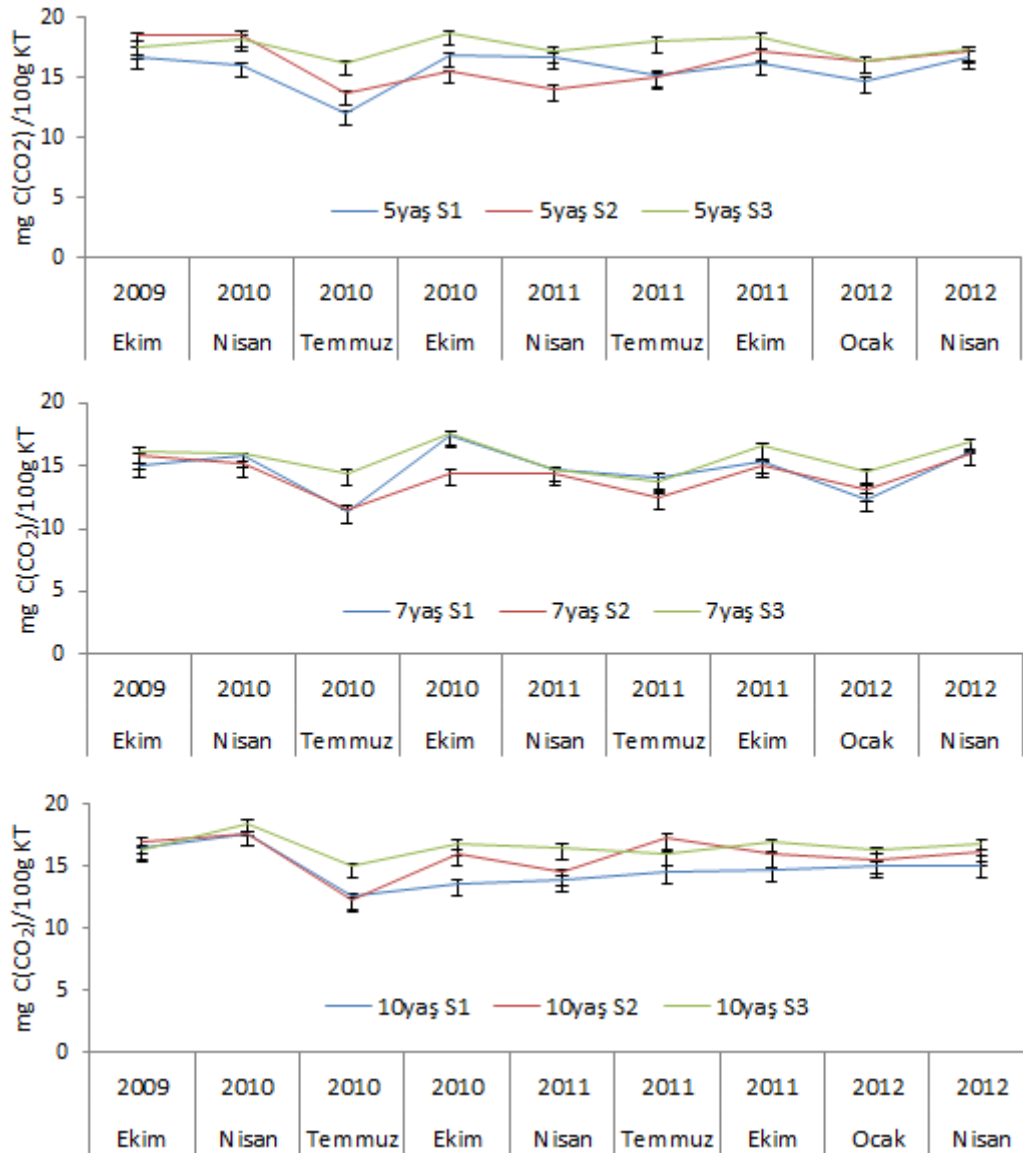
Kümülatif Carbon Mineralizasyonu									
Alan Parsel	Ekim 2009	Nisan 2010	Temmuz 2010	Ekim 2010	Nisan 2011	Temmuz 2011	Ekim 2011	Ocak 2012	Nisan 2012
S1	16,66±0,22 bc	16,03±0,13 b	11,99±0,45 e	16,88±0,26 bc	16,63±0,13 a	15,23±0,00 cd	16,27±0,00 bd	14,74±0,39 ac	16,77±0,19 ac
5yaş S2	18,52±0,22 a	18,52±0,22 a	13,63±0,13 cd	15,47±0,22 d	14,09±0,25 b	15,10±0,44 cd	17,24±0,34 b	16,40±0,39 a	17,27±0,17 ab
S3	17,61±0,23 ab	18,27±0,13 a	16,18±0,34 a	18,69±0,13 a	17,12±0,13 a	18,04±0,60 a	18,41±0,23 a	16,32±0,07 ab	17,39±0,13 a
S1	15,03±0,24 d	15,87±0,21 b	11,42±0,12 e	17,46±0,22 b	14,74±0,33 b	14,12±0,37 de	15,40±0,12 df	12,40±0,24 d	16,09±0,48 bd
7yaş S2	15,75±0,21 cd	15,15±0,31 b	11,46±0,20 e	14,43±0,12 e	14,43±0,31 b	12,52±0,21 e	15,04±0,21 e	13,13±0,32 cd	16,01±0,24 cd
S3	16,17±0,48 cd	15,93±0,21 b	14,36±0,12 bc	17,56±0,12 b	14,79±0,36 b	13,83±0,32 de	16,55±0,32 bc	14,61±0,12 bc	16,99±0,12 ac
S1	16,46±0,20 bc	17,66±0,12 a	12,53±0,20 de	13,62±0,21 e	13,86±0,31 b	14,57±0,48 cd	14,68±0,21 f	15,04±0,55 ab	15,05±0,27 d
10yaş S2	17,00±0,21 bc	17,60±0,12 a	12,30±0,21 e	16,05±0,21 cd	14,46±0,24 b	17,26±0,32 ab	15,92±0,21 ce	15,44±0,53 ab	16,10±0,18 bd
S3	16,36±0,12 bc	18,46±0,21 a	15,01±0,12 ab	16,78±0,32 bc	16,54±0,21 a	16,05±0,12 bc	16,98±0,21 bc	16,36±0,12 a	16,84±0,22 ac

*2010 ve 2011 Ocak ayı örnekleri arazinin su altında kalması nedeni ile alınamamıştır.

Toprakların karbon mineralizasyonu ana materyal, toprak özellikleri, organik maddenin miktarı ve kalitesi yanında, nem içeriği, sıcaklık ve zamana bağlı olarak değiştiği için ortam ve zamana göre farklı değerler ölçülmektedir (Raich ve Tüfekçioğlu, 2000). Zinn ve ark. (2011) okaliptüs alanlarında karbon solunumunun agregat büyüklüğü ve kil-silt içeriği ile yüksek korelasyon oluşturduğu, ancak organik karbon ve azot ile ciddi bir ilişki oluşturmadığını belirtmişlerdir.

İncelenen topraklardaki karbon mineralizasyon eğrileri birbirine az çok paralel ilerlemektedir. Toprak örnekleri her üç ayda bir alındığı için, eğride gözlenen iniş ve çıkışlar örnek alım tarihinde toprakta kalan organik maddenin kalitesi konusunda fikir vermektedir. Sürülen alanların toprağında mevsim geçişlerindeki iniş ve çıkışlar biraz daha keskin olup bu durum toprak işlenmesiyle serbest kalan organik maddenin hızlı ayrışıp tüketilmesine bağlı faaliyet düşüklüğü, ayrıca bitki atıklarının toprağa karışması sonucu organik madde artışına bağlı faaliyet artışı ile açıklanabilir. Kesilen alanlardaki faaliyet biraz daha kararlı olup artışlar örnek alım tarihinden önce tesadüfen toprağa karışan organik madde ve bu alandaki tek yıllık bitkilerin varlığından kaynaklanabilir.

Toprakların kümülatif karbon mineralizasyonları mevsimsel olarak belirlenmiş, sonbaharda ve ilkbaharda alınan toprakların mineralizasyonu yüksek iken kış ve yaz aylarında biraz daha düşük gerçekleşmiştir (Şekil 4.13). Araştırma bulgularına göre, sonbaharda alınan toprak örneklerinin kümülatif karbon mineralizasyonu genel olarak daha yüksek çıkmış, mikrobiyal aktivite daha fazla olmuştur. Yaz ayında alınan topraklarda mikrobiyal aktivitede azalma görülmüştür. Aslında bu durum toprağın ekolojik dengesini son derece iyi bir şekilde yansıtmaktadır. Bölgede sonbahar yağışları ve sıcaklıkları mikrobiyal faaliyet için oldukça uygun olup toprakta var olan veya yeni karışan organik maddenin kolay ayrışmaları hızlı bir şekilde mineralize edilmekte ve geriye daha zor bileşikler veya alt ürünler kalmaktadır. Bu olay kışın alınan toprak örneklerinde ortaya çıkmaktadır. Benzer durum ilkbahar-yaz geçişinde de söylenebilir. Kışın düşük toprak sıcaklıkları, yazında düşük toprak nemi toprak solunumunu kısıtlayan önemli ekolojik faktörlerdir (Kowalenko ve ark., 1978; Okur ve ark., 2008).



Şekil 4.13 Okalipütüs topraklarında kümülatif karbon mineralizasyonun mevsimsel değişimi [mg C(CO₂)/100g Toprak (30 gün)]

Okalipütüs alanlarındaki (S3) topraklarda karbon mineralizasyon değerleri 9 örnekleme süresince (yaklaşık üç yıl) çok fazla değişmemiş olup okalipütüs topraklarında karbon mineralizasyonunun yavaş olması veya değişmemesi toprakta karbon tutulması bakımından önemli olup mekanizmasının araştırılması gerekmektedir.

Karbon mineralizasyonu toprak yapısı, bitki türünün ortama bıraktığı organik materyalin kalitesi ve bunlara bağlı olarak mikrocanlı faaliyetleri ile de ilişkilidir. Organik maddenin ayrışması aynı zamanda ortamdaki azot miktarına bağlı olup iyi bir mineralizasyonun gerçekleşmesi için belirli oranlarda azota gereksinim vardır. İncelenen topraklarda azot konsantrasyonu kritik düzeyin üzerinde olup mineralizasyonu engelleyici bir durum oluşturmamaktadır. Ortama katılan karbon olumlu etki etse bile okaliptüs yapraklarından ölüörtüye taşıdığını düşünülen bitki yağının engelleyici (bazen uyarıcı) etkisi araştırmaya değer niteliktedir.

Genelde kesilen ve sürülen alanlardaki toprakların karbon mineralizasyonu, müdahale edilmeyen okaliptüs topraklarının karbon mineralizasyonundan daha düşük düzeyde ölçülmüştür. Toprakta organik maddenin azalması ile mineralizasyonun azalması doğal bir süreç olabilir. Topraklara karbon kaynağı olarak ilave edilen organik maddenin miktarı ve kalitesine bağlı olarak toprağın kümülatif karbon mineralizasyonu artar. Saison ve ark. (2006) topraklara karbon ilavesi ile karbon mineralizasyonunun arttığını, Cenkseven ve ark. (2011) topraklara karbon kaynağı olarak ilave edilen kompostun toprağın mikrobiyal faaliyetini arttığını, bu artışın 1/10 ve 1/12 (kompost/toprak) oranlarında daha fazla iken, 1/6'lık kompostlu ortamda daha az etkili olduğunu, mineralizasyonun toprağın organik madde kalitesine bağlı olduğunu belirlemişlerdir.

Organik artıklardan salınan karbon miktarı çoğunlukla bitkisel atıklara bağlı olarak değişmektedir (Ajwa ve Tabatabai, 1994). Bitkisel ve diğer organik bileşiklerin toprağa düştükten sonra zamanla ayrışması ile açığa çıkan kolay düzeyde ayrışabilen karbon içerikli amino asitler, karbonhidratlar vb. sonucu CO₂ açığa çıkmaktadır (Jonasson ve ark., 1996; Kurzatowski, 2004). Toprak işlemeye bağlı olarak 150 yılda organik maddenin oksidasyonu ile organik maddenin %6-25 kadarının (yaklaşık 80 mg kg⁻¹ toprak) atmosfere CO₂ olarak karıştığı hesaplanmıştır (Mullen ve ark., 1999). Mevcut deneme alanında kesilip işlenen parsellerde, organik maddece zengin bir alanda geçen üç yıl gibi kısa bir sürede ciddi bir organik madde azalması beklenmeyebilir. Bellamy ve ark. (2005) sıcaklık artışının topraktan atmosfere doğru CO₂ salınımını arttırdığı, böylece bitkilerin daha fazla gelişeceği ve doğrudan veya dolaylı olarak toprağa daha fazla karbonun bağlanacağını ortaya

koyan pek çok çalışma bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Okaliptüsün yapraklarında bulunan sineol etken maddesi karbon ve azot mineralizasyonunu yavaşlatmış olabilir. Bu bağlamda toprakta mineralizasyonun yavaş ve/veya düşük olması karbon yönetimi için olumlu ve önemlidir. Okaliptüs gibi karbon mineralizasyonunu yavaşlatan mekanizma gelecekte iklim değişimlerinde önemli bir yönetim aracı olabilir, ekosistemin stabilizasyonu için toprak karbon mineralizasyonunun yavaşlatılması konusu çalışmaya değer niteliktedir. Toprak-bitki yönetimi toprak kalitesi ve verimliliğini etkilemesi, karbon depolanması ve bunun toprak yapısı üzerindeki etkileri bakımından önemlidir.

4.7. Karbon Mineralizasyon Oranı

5, 7 ve 10 yaş *Eucalyptus camaldulensis* plantasyon alanlarında, kesilip-sürülmüş (S1), kesilmiş (S2) ve kendi haline bırakılan (S3) parsellerinden alınan toprakların karbon mineralizasyon oranları (%) ölçülmüştür [$\text{mg C(CO}_2\text{)}/100\text{g Toprak (30 gün) / C}_{\text{toplam}}$]. Ölçüm değerleri Çizelge 4.8’de sunulmuştur.

Ekim 2009 toprak örneklerinde, her 3 yaş grubunda müdahale edilen toprakların mineralizasyon oranları müdahale edilmeyen topraklardan daha yüksek ölçülmüş ancak tüm parsellerin mineralizasyon oranları arasındaki farkların anlamsız olduğu belirlenmiştir ($P>0,05$).

Nisan 2010 toprak örneklerinde tüm parseller arasında en yüksek karbon mineralizasyon oranı 5 yaşın sürülmüş parselinde gerçekleşmiştir. Parseller kıyaslandığında, sadece 5 yaşın S1 ile S3 arasındaki farkın anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

Temmuz 2010 topraklarında 5 ve 7 yaşta S3 parselinde, 10 yaşta ise S1 parselinde daha yüksek mineralizasyon oranları ölçülmüştür. Tüm parseller arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. *E. camaldulensis* alanlarında müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerde toprakların C mineralizasyon Oranları

C mineralizasyon Oranı (%)											
Alan	Parsel	Ekim 2009	Nisan 2010	Temmuz 2010	Ekim 2010	Nisan 2011	Temmuz 2011	Ekim 2011	Ocak 2012	Nisan 2012	
5yaş	S1	0,64 ±0,06 a	0,66 ±0,07 a	0,45 ±0,07 ab	0,7 ±0,10 a	0,69 ±0,05 a	0,72 ±0,03 a	0,75 ±0,01 a	0,50 ±0,05 a-c	0,71 ±0,03 a-c	
	S2	0,63 ±0,02 a	0,52 ±0,03 ab	0,41 ±0,01 ab	0,42 ±0,01 d	0,49 ±0,03 cd	0,56 ±0,02 b-	0,65 ±0,04 ab	0,45 ±0,03 c	0,74 ±0,04 a-c	
	S3	0,56 ±0,00 a	0,42 ±0,01 b	0,49 ±0,03 ab	0,46 ±0,01 d	0,60 ±0,01 a-c	0,62 ±0,02 a-c	0,67 ±0,05 ab	0,59 ±0,05 a-c	0,57 ±0,05 bc	
7yaş	S1	0,74 ±0,02 a	0,51 ±0,01 ab	0,47 ±0,05 ab	0,76 ±0,02 a	0,70 ±0,01 a	0,63 ±0,01 a-c	0,74 ±0,02 a	0,52 ±0,05 a-c	0,72 ±0,08 a-c	
	S2	0,70 ±0,05 a	0,58 ±0,03 ab	0,49 ±0,03 ab	0,68 ±0,03 ab	0,61 ±0,02 a-c	0,53 ±0,04 cd	0,60 ±0,04 bc	0,68 ±0,05 a	0,86 ±0,06 a	
	S3	0,67 ±0,05 a	0,48 ±0,03 b	0,58 ±0,05 a	0,66 ±0,03 a-c	0,67 ±0,02 a	0,58 ±0,01 b-d	0,64 ±0,01 ab	0,65 ±0,01 ab	0,81 ±0,08 a	
10yaş	S1	0,64 ±0,06 a	0,42 ±0,02 b	0,46 ±0,05 ab	0,37 ±0,02 d	0,64 ±0,02 ab	0,66 ±0,01 ab	0,67 ±0,01 ab	0,46 ±0,02 bc	0,45 ±0,02 c	
	S2	0,75 ±0,04 a	0,45 ±0,04 b	0,34 ±0,02 b	0,49 ±0,02 b-d	0,42 ±0,02 d	0,64 ±0,03 a-c	0,63 ±0,02 a-c	0,51 ±0,03 a-c	0,50 ±0,08 c	
	S3	0,64 ±0,06 a	0,43 ±0,01 b	0,34 ±0,01 b	0,47 ±0,02 cd	0,54 ±0,01 b-d	0,48 ±0,03 d	0,51 ±0,00 c	0,51 ±0,02 a-c	0,57 ±0,06 bc	

*2010 ve 2011 Ocak ayı örnekleri arazinin su altında kalması nedeni ile alınamamıştır.

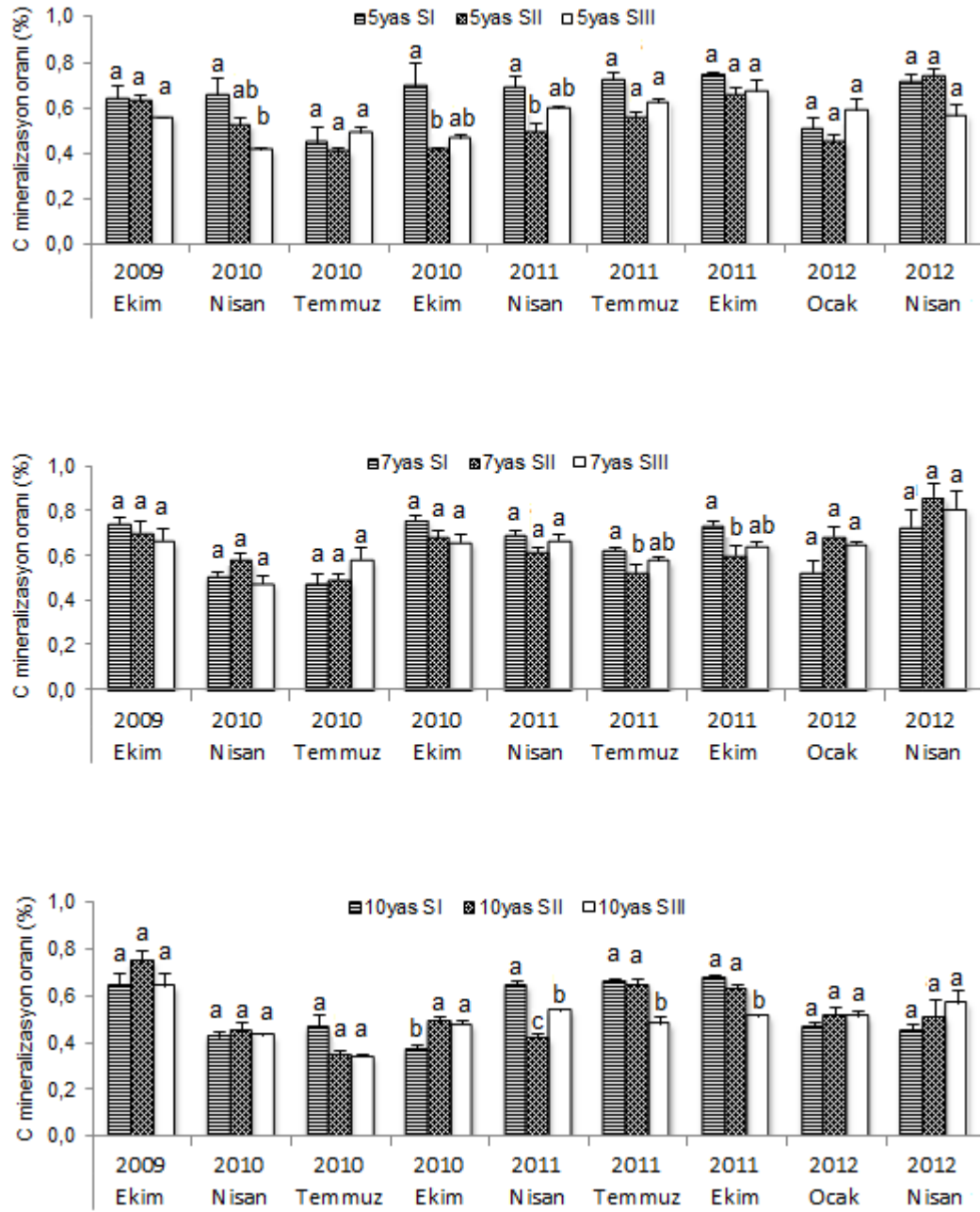
Ekim 2010 toprak örneklerinde en yüksek mineralizasyon oranı 7 yaşın sürülen parselinde (%0,76) iken en düşük 10 yaşın sürülen parselinde (%0,37) ölçülmüştür. Yaşlar kendi içinde kıyaslandığında 5 yaşta, sürülen parseller (S1) ile S2 ve S3 arasında farklar anlamlıdır ($P<0,05$). 7 yaşta ise mineralizasyon oranları arasındaki farklar anlamsızdır.

Nisan 2011 toprak örneklerinde, her 3 yaş grubunda S1 parsellerinde mineralleşme oranı daha yüksektir olup 5 yaşta S1 ile S2 arasındaki fark anlamlıdır ($P<0,01$). 10 yaşta ise tüm parseller arasındaki farklar anlamlı olup S1 ile S2 arasında $P<0,001$, S1 ile S3 arasında $P<0,05$ ve S2 ile S3 arasında $P<0,01$ düzeyindedir.

Nisan 2011 ve Ekim 2011 toprak örneklerinde, her 3 yaş grubunda sürülen parsellerin mineralleşme oranları daha yüksek ölçülmüştür. 5 yaşta uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark yokken 7 yaşta S1 ile S2 arasında ($P<0,05$), 10 yaşta ise müdahale edilen alanlar ile S3 arasında ($P<0,01$) anlamlı fark vardır.

Ocak 2012 ve Nisan 2012 aylarında S1, S2 ve S3 parsellerinden alınan toprakların karbon mineralleşme oranları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamsızdır ($P>0,05$).

Mevsimsel olarak alınan toprakların karbon mineralizasyon oranlarında iklimsel koşulların etkisinden kaynaklanan artış ve azalışların olduğu ve her üç yaş grubu topraklarının dönemsel olarak iklimsel değişimlere verdiği cevabın benzer olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, sürüm ve ormansızlaştırma ile müdahale edilmiş toprakların (S1; S2) mineralizasyon oranlarının müdahale edilmemiş doğal alanlara (S3) göre daha yüksek olduğu ancak bu farkların genel olarak anlamlı düzeyde olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.14. *E. camaldulensis*'in müdahale edilen (S1, S2) ve edilmeyen (S3) parsellerinde toprakların C mineralizasyon oranları (%) [(Cmin (30gün) / Ctoplaml)] (Tukey HSD; n=3)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekim 2009 - Mayıs 2012 ayları arasında Tarsus-Karabucak'ta 3 farklı yaştaki (5, 7 ve 10 yaş) *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. (Okaliptüs) ormanlarında doğal (devamlılığı sağlanan) ve ağaç kesimi ve toprak sürümü ile müdahale edilen bitişindeki parsellerden her 3 ayda bir topraklar alınmıştır. Bu alanlarda mevsimsel değişimlerin olası etkilerini ve bunlara sistemin cevabını ortaya koymak amacıyla toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile biyolojik indikatörler olarak dehidrogenaz enzim aktivitesi ve organik madde dönüşümünü yansıtan karbon mineralizasyonu incelenmiştir.

Toprağın karbon bağlama ve depolama potansiyeli dinamik olup birçok çevresel faktöre bağlıdır. Ağaç türü ve yaşı, ana materyal, tekstür, zaman ve değişen çevre koşulları topraktaki organik maddenin kalitesi ve miktarı üzerinde etkili olmaktadır (Paul ve ark., 2002; Shi ve Cui, 2010).

Toprak karbon mineralizasyonunun 5 yaşta diğer yaş gruplarına göre çoğunlukla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Toprakların karbon mineralizasyonu müdahale edilmemiş S3 parsellerinde daha yüksek ölçülmüştür. Genel olarak parsellerin karbon mineralizasyon sonuçları $S3 > S2 > S1$ şeklinde sıralanmıştır.

Okaliptüs alanlarındaki topraklarda karbon mineralizasyonu 9 örnekleme süresince (yaklaşık üç yıl) çok fazla değişmemiş olup düşük düzeydedir. Burada toprağa karışan ölüörtünün, mineralizasyon yoluyla kaybolan karbonu telafi ettiği veya Okaliptüs bitkisinin antimikrobiyal etkili cineol aktif maddesinin mineralizasyonu yavaşlattığı düşünülebilir. Okaliptüs topraklarının karbon mineralizasyonun yavaş veya düşük olması karbon yönetimi için önemli bir tespit olup iklim değişimlerinde ekosistemin dengesi için önemli bir yönetim aracı olabilir. Karbonun toprakta tutulması ve atmosfere salınımının azaltılması bakımından toprakta karbon mineralizasyonunun yavaşlatılması konusunun daha kapsamlı araştırılması gerekmektedir.

Ağaç kesimi ve toprak sürümü ile müdahale edilen parsellerin organik maddece zengin topraklarında belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Yüksek

miktardaki mevcut organik maddenin ayrışması için zamanın yetersiz olabileceği düşünülebilir.

Üç yıllık süreçte, toprakların karbon mineralizasyonunun, sürüm ve ağaç kesimi ile topraklara yapılan müdahalelerden çok, mevsimsel farklılıklardan etkilendiği belirlenmiştir. Sonbaharda ve ilkbaharda alınan toprakların karbon mineralizasyonu yüksek iken kış ve yaz aylarında biraz daha düşük gerçekleşmiştir (Şekil 4.13). Bu durum toprağın ekolojik dengesini iyi bir şekilde yansıtmaktadır. Bölgede sonbahar yağışları ve sıcaklıkları mikrobiyal faaliyet için oldukça uygun olup toprakta var olan veya yeni karışan organik maddenin kolay ayrışmaları hızlı bir şekilde mineralize edilmekte ve geriye daha zor bileşikler veya alt ürünler kalmaktadır. Bu olay kışın alınan toprak örneklerinde ortaya çıkmaktadır. Benzer durum ilkbahar-yaz geçişinde de söylenebilir. Kışın düşük toprak sıcaklıkları, yazın da düşük toprak nemi toprak solunumunu kısıtlayan önemli ekolojik faktörlerdir (Kowalenko ve ark, 1978; Okur ve ark. 2008).

Ekosistemlerle ilgili çalışmalar ne kadar uzun vadeli ve tekrarlı olursa o kadar değerli ve doğayı yansıtan bilgiler vermektedir. Üç yıllık bu çalışmada da toprakların karbon döngüsü konusunda değerli bilgiler ve yeni bakış açıları kazanılmıştır. Doğaya müdahalenin her zaman beklenen veya umulan sonuçları vermediği bir kez daha gözlenmiştir. Genelde doğaya müdahalelerde insanoğlu çevreyi daha iyi hale getirme iddiasıyla hareket etmektedir. Fakat ekosistemlerin çok uzun, binlerce, yüzbinlerce yıllık bir geçmişleri olduğu unutulmaktadır. Sistemin ayakta kalmasını sağlayan dengeler çok zor kazanılmış olup hassasiyetlerini sürdürdükleri ekolojik çalışmalarla ortaya konmaktadır. Bu çalışmada da mikrobiyal faaliyette gözlenen değişimler bu dengeleri yansıtmaktadır. Sadece bunun anlaşılması bile ekosistemlere karşı ne kadar özenli yaklaşılmasını göstermesi veya hatırlatması açısından önemlidir.

Bu çalışmanın aynı Akdeniz iklim koşullarındaki farklı ortamlarda da tekrarlanması sistemin bir bütün içinde daha iyi değerlendirilmesini sağlayacaktır. Özellikle küresel ısınma gibi ekolojik tehditlerin yoğun yaşandığı günümüzde, daha net ve gerçekçi ekolojik bilgilerin varlığı gelecekle ilgili planların daha doğru ve sağlıklı yapılmasına izin verecektir.

KAYNAKLAR

- AHN, M.Y., ZIMMERMAN, A.R., COMEFORD, N.B., SICKMAN, J.O., GRUNWALD, S., 2009. Carbon mineralization and labile organic carbon pools in the sandy soils of a North Florida watershed. *Ecosystems* 12, 672–685.
- AJWA, H.A. and TABATABAI, M.A., 1994. Decomposition of different organic materials in soils, *Biology and Fertility of Soils* 18, 175-182.
- AKA, H., DARICI, C., 2004. Carbon and Nitrogen Mineralization of Lead Treated Soils in The Eastern Mediterranean Region, Turkey. *Soil and Sediment Contamination* 13, 255-265.
- _____, 2005a. Doğu Akdeniz Bölgesinde İki Farklı Ana Materyalde Yetişen *Olea europaea* L., *Pinus brutia* Ten., ve *Pistacia terebinthus* L., Topraklarında Karbon mineralizasyonu. *Ekoloji Dergisi* 14, 54, 20-24.
- _____, 2005b. Carbon and nitrogen mineralization in carob soils with Kermes oak and Aleppo pine leaf litter”, *European Journal of Soil Biology*, 41, 31-38
- ALLISON, L.E., MOODIE, C.D., 1965. Carbonate. In: C.A. Black et al (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy., Am. Soc. Of Agron., Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.* 9:1379-1400.
- ANŞİN, R. ve ÖZKAN, Z.C., 1993. Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Genel Yayın No:167, Fakülte Yayın No:19, Trabzon.
- AŞKIN, T., KIZILKAYA, R., GÜLSER, C., BAYRAKLI, B., 2004. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampus Topraklarının Bazı Mikrobiyolojik Özellikleri, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 31-36.
- ATTIWILL, P.M. and LEEPER, G.W., 1987. *Forest Soils and Nutrient cycles.* Melbourne University Press, Carlton, Victoria, Australia. 202 pp.
- AVCIOĞLU, E., 1982. Türkiye’de Okaliptüsle Ağaçlandırılabilir Orman Alanları Özel Ağaçlama Sahalarının Miktar ve Koşulları Üzerine Etüd Çalışmaları, *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi*, İzmit, S. 61-73.

- AVCIOĞLU, E., 1985. Dünyada yapılan okaliptus ağaçlandırma çalışmaları ve okaliptus odununun kullanma yerleri, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, İzmit.
- BABU, R.C., KANDASAMY, O.S., 1997. Allelopathic effect of *Eucalyptus globulus* Labill. On *Cyperus rottundus* L. and *Cynodon dactylon* L. Journal of Agronomy and Crop Sciences 179, 123-126.
- BALDOCK, J. A., NELSON, P. N., 2000. Soil Organic Matter. In: Sumner, M. E. (ed.), Handbook of Soil Science, CRC Press, pp. 25 – 84, Boca Raton, USA.
- BALESDENT, J., CHENU, C., BALABANE, M., 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil Tillage Res. 53, 215-230
- BASTIDA, F., MORENO, J.L., HERNANDEZ, T., GARCIA, C., 2006. Microbial Degradation Index of Soils in a Semiarid Climate. Soil Biology and Biochemistry, 38;3463-3473.
- BEHERA, N. and SAHANI, U., 2003. Soil microbial biomass and activity in response to *Eucalyptus* plantation and natural regeneration on tropical soil. For. Ecol. Manage. 174:1–11
- BEYER L., WACHENDORF, C., ELSNER, D.C., KNABE, R., 1993. Suitability of dehydrogenase activity assay as an index of soil biological activity. Biol. Fertil. Soils., 16, 52-56.
- BOLAND, D.J., BROOKER, M.I.H., CHIPPENDALE, G.M., HALL, N., HYLAND, B. P. M., JOHNSTON, R. D., KLEINIG, D.A., TURNER, J. D., 1984: Forest Trees of Australia, Thomas Nelson Australia, CSIRO, Melbourne, 687 S.
- BOUILLET, J.P, NZILA, J.D., RANGER, J., LACLAU, J.P and NIZINSKI, G., 1999. *Eucalyptus* plantations in the equatorial zone on the coastal Plains of the Congo. In: NAMBIAR, E.K.S., COSSALTER, C., and TIARKS, A. (Eds.). Site management and productivity in tropical plantation forests: Workshop Proceedings 16-20 February 1998, Pietermaritzburg, South Africa. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, pp 13-21

- BOUYOUCOS, G.S., 1951. A Recalibration of the Hydrometer for Mohing Mechanical Analysis of Soil. *Agron.Jour.*, 43:434-438.
- BOZLAK, A., 2008. Tarsus'un (Mersin) beşeri ve ekonomik coğrafya özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- BRADY, N.C. and WEIL. R.R., 1999. The Nature and Properties of Soils, 12th Edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc. 881p.
- CANADELL,, J.G., MOONEY, H.A., BALDOCCHI, D.D., BERRY, J.A., EHLERINGER, J.R., FIELD, C.B., GOWER, S.T., HOLLINGER, D.Y., HUNT, J.E., JACKSON, R.B., RUNNING, S.W., SHAVER, G.R., STEFFEN, W., TRUMBORE, S.E., VALENTINI, R., BOND, B.Y., 2000. Carbon metabolism of the terrestrial biosphere: a multi-technique approach for improved understanding. *Ecosystems* 3, 115–130.
- CAO, P.R. and LUO, S.M., 1996. Studies on the allelopathy of *Eucalyptus citriodora* Hook. *Journal of South China Agricultural University*, 17(2): 7-11
- CENKSEVEN, Ş., DARICI, C., AKA SAĞLIKER, H., 2011. Farklı kompost oranları ilave edilmiş kermes meşesi topraklarının karbon mineralizasyonu. *Tübv Bilim Dergisi, Cilt:4, Sayı:3, Sayfa:172-178.*
- CHAPUIS-LARDY, L., CONTOUR-ANSEL, D., BERNHARD-REVERSAT, F., 2002. High performance liquid chromatography of water soluble phenolics in litter of three Eucalyptus hybrids (Cong). *Plant Science* 163, 17-22.
- CHATTERJEE, A., VANCE, G.F., PENDALL, E., STAHL, P.D., 2008. Timber harvesting alters soil carbon mineralization and microbial community structure in coniferous forests. *Soil Biol. Biochem.* 40:1901-1907.
- CONANT, R.T., KLOPATEK, J.M., KLOPATEK C.C., 2000. Enviromental Factors Controlling Soil Respiration in Three Semiarid Ecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 383-390.
- CUESTA, B., REY BENAYAS, J.M., GALLARDO, A., VILLAR-SALVADOR, P., GONZALEZ-ESPINOSA, M., 2012. Soil Chemical Properties in Abandoned Mediterranean Cropland After Succession and Oak Reforestation. *Acta Oecologica*, vol. 38, pp. 58-65 SCOPUS.

- ÇENGEL, M., 1983. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası, Ders Teksiri. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No.78, Bornova.
- ÇOLAK, A.K., 1988. Toprak Biyolojisi Ders Notları. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No. 99, 50-55.
- ÇOLAK, A.K., 1995. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 98
- DALAL, R.C., and MAYER, R.J., 1986. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern queensland. IV. Loss of organic carbon from different density fractions. Aust. J. Soil Res. 25, 83–93.
- DAVIDSON, E.A. and ACKERMAN, I.L., 1993. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. Biogeochemistry 20:161-193.
- DE DEYN, G.B., CORNELISSEN, J.H.C., BARDGETT, R.D., 2008. Plant functional traits and soil carbon sequestration in contrasting biomes. Ecology Letters, 11: 516–531
- DELL, B., AGGANGAN, N.S., MALAJCZUK, N., PAMPOLINA, N.M., XU, D., 2000. Role of Ectomycorrhizal Fungi in Eucalypt Plantations. In: Mycorrhizal Fungi Diversity and Applications of Inoculation Technology. Proceedings of Guangzhou ACIAR International Workshop, Guangzhou, August-September 1998, China Forestry Publishing House, Beijing, pp. 161-167.
- DEMİRALAY, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143, Erzurum, sf: 78-89.
- D'HAENE, K., VAN DEN BOSSCHE, A., DE NEVE, S, GABRIELS, D., HOFMAN, G., 2006. The influence of 10 years reduced tillage on the potential carbon mineralization of silt loam soils under a temperate climate. Commun. Agric. Appl. Biol. Sci. 71 (1): 121-4.
- DILLY, O., 2005. Microbial energetics in soil. In: Buscot, F., Varma, A. (Eds.), Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions. Chapter 6. Soil Biology Series, Band 3. Springer, Berlin/Heidelberg/New York, pp. 123–138.

- DİNÇ, U., SARI, M., ŞENEL, S., KAPUR, S., SAYIN, M., DERİCİ, M.R., ÇAVUŞGİL, V., GÖK, M., AYDIN, M., EKİNCİ, H., AĞCA, N., SCHLICHTING, E., 1990. Çukurova Bölgesi Toprakları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Kitabı. No:26. Adana. 172 S.
- DOMSCH, H., 1962. Bodenatmung. Sammelbericht über Methoden und Ergebnisse. Zbl. Bakt. Abt. 11. 116. 33-78.
- DÖNMEZ, Y., 1985. Bitki Coğrafyası, İstanbul Üniversitesi Yayınları No.3319, Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No.3213, Güryay Matbaacılık, İstanbul.
- FAO, 1988. The Eucalyptus Dilemma. Food and Agricultural Organization, 26 pages, Rome, Italy.
- FAVOINO, E. and HOGG, D., 2008. The potential role of compost in reducing greenhouse gases. Waste Management & Research, 26:61-69.
- FIORI, A.C.G., SCHWAN-ESTRADA, K.R.F., STANGARLIN, J.R., VIDA, J.B., SCAPIM, C.A., CRUZ, M.E.S., PASCHOLATI, S.F., 2000. Antifungal activity of leaf extracts and essential oils of some medicinal plants against *Didymella bryoniae*. J. Phytopathol. 148: 483–487.
- FOLEY, J.A., COSTA, M.H., DELIRE, C., RAMANKUTTY, N., SNYDER, P., 2003. Green surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. Frontiers in Ecology and the Environment, 1, 38-44.
- FORTIN, M.C., ROCHETTE, P., PATTEY, E., 1996. Soil carbon dioxide fluxes from conventional and no-till small-grain cropping systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 60, 1541–1547.
- FRANZLUEBBERS, A. J., 2002. Water Infiltration and Soil Structure Related to Organic Matter and Its Stratification with Depth. Soil Tillage Res., 66; 197 - 205.
- GARBUIO, F.J., JONES, D.L., ALLEONI, L.R.F., MURPHY, D.V., CAIRES, E.F., 2011. Carbon and nitrogen dynamics in an oxisol as affected by liming and crop residues under no-till. Soil Science Society America Journal 75: 1723-1730.

- GARCIA, C., ROLDAN, A., HERNANDEZ, T., 1997. Changes in Microbial Activity After Abandonment of Cultivation In A Semiarid Mediterranean Environment. *Journal of Environmental. Quality*, 26;285-291.
- GIARDINA, C.P., COLEMAN, M.D., HANCOCK, J.E., KING, J.S., LILLESKOV, E.A., LOYA, W.M., PREGITZER, K.S., RYAN, M.G., and TRETTIN, C.C., 2005. Tree Species Effects on Soils : Implications for Global Change. Chapter 7. The Response of Belowground Carbon Allocation in Forests to Global Change. NATO Science Series, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- GONÇALVES, J. L. M., SERRANO, M.I.P., MENDES, K.C.F.S. and GAVA, J.L., 2000. Effects of site management in a Eucalyptus plantation in the humid tropics: Sao Paulo, Brazil. In: NAMBIAR, E.K.S., TIARKS, A., COSSALTER, C, and RANGER, J., (Eds.). Site management and productivity in tropical plantation forests: a progress report. Workshop Proceedings, 7-11 December 1999, Kerala, India. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, pp 3-9.
- GÖK, M., ONAÇ, I., 1995. Hilvan ve Baziki Ovalarında Yer Alan Yaygın Toprak Serilerinin Bazı Mikrobiyolojik Özellikleri. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu Cilt II, C 158-167.
- GRANT, R.F., JUMA, N.G., ROBERTSON, J.A., IZAURRALDE, R.C., MC GILL, W.B., 2001. Long-Term Changes in Soil Carbon under Different Fertilizer, Manure, and Rotation: Testing the Mathematical Model ecosys with Data from the Breton Plots. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:205-214.
- GUO, L.B. and GIFFORD, R.M., 2002. Soil Carbon Stocks and Land Use Change: a meta analysis. *Glob. Chang. Biol.*, 8; 345-360.
- GÜLBABA, A.G., 1995. Güney Doğu Anadolu bölgesinde Okaliptüslerin yetiştirilmesi olanakları üzerine yapılan araştırma çalışmaları, DOA Dergisi, No:1, Sayfa 20-25, Tarsus.
- GÜRSES, M. K., 1998: Okaliptüsler (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn., *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) ile Endüstriyel Ağaçlandırma Teknikleri. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, DOA Dergisi, Sayı: 4, Orman

- Bakanlığı Yayın No: 076, DOA Yayın No: 7, ISSN: 1300-8544, Sayfa: 1-16, Tarsus.
- HAKTANIR, G., ARCAK, S., 1997. Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş). Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1486 Ders Kitabı: 447
- HASSINK, J., 1994. Effects of Soil Texture and Grassland Management on Soil Organic C and N and Rates of C and N Mineralization. *Soil Biology & Biochemistry* 26, 1221-1231.
- HEIMANN, M. and REICHSTEIN, M., 2008. Terrestrial ecosystem carbon dynamics and climate feedbacks. *Nature*, 451, 289-292.
- IPCC, 2007. Climate Change: Synthesis Report Intergovernmental Panel on Climate Change, An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1-52.
- JACKSON, M. L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A., p: 1-498.
- JAGGI, W., 1976. Die Bestimmung der CO₂-Bildung als Mass der Bodenbiologischen Aktivität. *Schweizer Landw. Forschung*. 15. 371-380.
- JAIYEGBA, I.A., 2003. Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid Savannah. *Soil and Tillage Research* 70:91-98.
- JAVOREKOVA, S., STEVILKOVA, T., LABUDA, R., ONDRIČIK, P., 2001. Influence of Xenobiotics on The Biological Soil Activity. *Journal of Central European Agriculture*, Volume 2 No. 3-4
- JENKINSON, D.J. and RAYNOR, J.H., 1977. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Soil Science* 123, 298-305.
- JOERGENSEN, R.G., and EMMERLING, C., 2006. Methods for evaluating human impact on soil microorganisms based on their activity, biomass, and diversity in agricultural soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169:295–309. doi:10.1002/jpln.200521941
- JONASSON, S., MICHELSEN, A., SCHMIDT, I.K., 1996. Microbial biomass C, N and P in two arctic soils and responses to addition of NPK fertilizer and sugar: Implications for plant nutrient uptake. *Oecologia* 106, 507-515.

- JOSHI, N.R., TEWARI, A., SINGH, V., 2013. Biomass and carbon accumulation potential towards climate change mitigation by young plantations of *Dalbergia sissoo* Roxb. and *Eucalyptus* hybrid in Terai Central Himalaya, India. *American Journal of Research Communication*. Pg. No. 1-14.
- KARA, E.E., 1999. Changes According to Incubation Periods in Some Microbiological Characteristics at Soil Samples of Some Soil Series from the Gelemen Agricultural Administration *Turk. J. Agric. For.*, 23, 459-466.
- KIZILDAĞ, N., 2011. Doğu Akdeniz Bölgesinde Yetişen *Melia azedarach* L. (Meliaceae)' nin Meyve ve Yapraklarının Toprak Organik Madde Mineralizasyonuna Etkisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans tezi.
- KLEINBAUM, D.G., KUPPER, L.L., MULLER, K.E., NIZAM, A., 1998. *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods*. Duxbury Press, Belmont, CA.
- KOIZUMI, H., KONTTURI, M., MARIKO, S., NAKADAI, T., BEKKU, Y., MELA, T., 1999. Soil respiration in three soil types in agricultural ecosystems in Finland. *Acta Agriculturae Scandinavica, B: Soil and Plant Science*, 49, 65–74.
- KUNKEL, M.L., FLORES, A.N., SMITH, T.J., MCNAMARA, J.P., BENNER, S.G., 2011. A Simplified Approach for Estimating Soil Carbon and Nitrogen Stocks in Semi-Arid Complex Terrain. *Geoderma* 165, 1-11.
- KURZATKOWSKI, D., MARTIUS, C., HOEFER, H., GARCIA, M., 2004. Litter decomposition, microbial biomass and activity of soil organisms in three agroforestry sites in central Amazonia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 69, 257-267.
- LAGOMARSINO, A., BENEDETTI, A., MARINARI, S., POMPILI, L., MOSCATELLI, M.C., ROGGERO, P.P., LAI, R., LEDDA, L., GREGO, S., 2011. Soil organic C variability and microbial functions in a Mediterranean agro-forest ecosystem. *Biol. Fert. Soils*, vol". 47, p.283-291
- LAL, R., 2005, Forest soils and carbon sequestration, *Forest Ecology and Management*, 220, 242-258.

- LAVELLE, P., 2000. Ecological challenges for soil science. *Soil Science*, 165, 73-86.
- LI, Z.P., HAN, F.X., SU, Y., ZHANG, T.L., SUN, B., MONTS, D.L., PLODINEC, M.J., 2007. Assesment of Soil Organic and Carbonate Carbon Storage in China. *Geoderma*, 138; 119 – 126.
- LINDSAY, W.L. and NORVELL, W.A., 1978. Development of DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 42: 421-428.
- LUCAS-BORJA, M.E, BAENA, W.C., MORENO, J.L., DADI, T., GARCIA, C., ABELLAN, M.A., 2011. Microbial activity in soils under fast-growing *Paulownia* (*Paulownia elongata* x *fortunei*) plantations in Mediterranean areas. *Applied Soil Ecology*, 51, 42-51.Elsevier: Amsterdam.
- LUCIA, A., AUDINO, P.G., SECCACINI, E., ICASTRO, S., ZEBRA, E., MASUH, H., 2007. Larvicidal effect of *Eucalyptus grandis* essential oil and turpentine and their major components on *Aedes aegypti* larvae. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 23(3):299–303.
- LUO, Y.Q., ZHOU, X.H., 2006. Soil respiration and the environment. San Diego: Academic/Elsevier press. 17-33.
- MADEJON, E., MORENO, F., MURILLO J.M., PELEGRIN, F., 2007. Soil biochemical response to long-term conservation tillage under semi-arid Mediterranean conditions. *Soil Till. Res.* 94: 346-352.
- MAHESWARAN, J. and ATTIWIL, P.M., 1989. Soil respiration in Eucalypt forests of southeastern Australia, *Biol. Fert. Soils* 8, 154-159.
- MAQUERE, V., LACLAU, J.P., BERNAUX, M., SAINT-ANDRE, L., GONCALVES, J.L.M., CERRI, C.C., PICCOLO, M.C., RANGER, C., 2008. Influence of Land Use (Savanna, Pasture, Eucalyptus plantations) on Soil Carbon and Nitrogen Stocks in Brazil 59, 863-877
- MCCAULEY A., JONES C., JACOBSEN J., 2003. Soil pH and Organic Matter. A self study course from the MSU extension service continuing education series. Montana State University.12 pp.

- MOLINA, A., REIGOSA, M.J., CARBALLEIRA, A., 1991. Release of allelochemical agents from litter, throughfall, and topsoil in plantation of *Eucalyptus globulus* Labill. In Spain. *Journal Chemical Ecology* 17, 147-160.
- MOSCATELLI, M.C, DI TIZIO, A., MARINARI, S., GREGO, S., 2007. Microbial indicators related to soil carbon in Mediterranean land use systems. *Soil Tillage and Research* 97: 51–59. 10.1016/j.still.2007.08.007
- MOSCATELLI, M.C., LAGOMARSINO, A., MARINARI, S., DeANGELIS, P., GREGO, S., 2005. Soil microbial indices as bioindicators of environmental changes in a poplar plantation. *Ecol. indicators* 5, 171–179.
- MULLEN, R.W., THOMASON, W.E., RAUN, W.R., 1999. Estimated increase in atmospheric carbon dioxide due to worldwide decrease in soil organic matter. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30:1713-1719.
- MURPHY, M., BALSER, T., BUCHMANN, N., HAHN, V., POTVIN, C., 2008. Linking tree biodiversity to belowground process in a young tropical plantation: Impacts on soil CO₂ flux. *Forest Ecology and Management* 255:7, 2577-2588.
- MURTY, D., KIRSCHBAUM, M.U.F., McMURTMIE, R.E., MCGILVRAY, H., 2002. Does conversion of forest to agriculture land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Global Change Biology* 8, 105-123.
- NAHIDAN, S. and NOURBAKHSH, F., 2010. Does management influence soil C pool and related soil microbial indices. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 41: 1863-1872.
- NEUFELDT, H., RESCK, D.V.S., AYARZA, M.A., 2002. Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil. *Geoderma*, 107:151-164.
- NOUGEIRA, M.A., ALBINO, U.B., BRANDAO-JUNIOR, O., BRAUN, G., CRUZ, M.F., DIAS, B.A., DUARTE, R.T.D., GIOPOPO, N.M.R., MENNA, P., ORLANDI, J.M., RAIMAM, M.P., RAMPAZO, L.G.L., SANTOS, M.A., SILVA, M.E.Z., VIEIRA, F.P., TOREZAN, J.M.D., HUNGRIA, M., ANDRADE, G., 2006. Promising indicators for assessment of

- agroecosystems alteration among natural, 65 reforested and agricultural land use in southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* P. 11-22.
- NOWAK, D.J., CRANE, D.E., 2002, Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA, *Environmental Pollution*, 116, 381–389.
- NUNES J.S., ARAUJO, A.S.F., NUNES, L.A.P.L, LIMA, L.M., CARNEIRO, R.F.V., SALVIANO, A.A.S., TSAI, S.M., 2012. Impact of land degradation on soil microbial biomass and activity in Northeast Brazil. *Pedosphere* 22(1):88-95.
- O'BRIEN, N., ATTIWILL, P.M., WESTON, C.J., 2003. Stability of soil organic matter in *Eucalyptus regnans* forests and *Pinus radiata* plantations in south-eastern Australia. *Forest Ecology and Management* 185: 249-261
- O'CONNELL, A.M., GROVE, T.S., MENDHAM, D. and RANCE, S.J., 2000. Effects of site management in eucalypt plantations in southwestern Australia. In: NAMBIAR, E.K.S., TIARKS, A., COSSALTER, C, and RANGER, J., (Eds.) Site management and productivity in tropical plantation forests: a progress report. Workshop Proceedings, 7-11 December 1999, Kerala, India. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, pp 61-71.
- OKUR, N., KAYIKÇIOĞLU, H.H., 2008. Toprak Mikroorganizmaları Tarafından Üretilen Küresel Gazlar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2008, 45 (1): 49-55.
- OLSEN, S.R., COLE, C.V., WATANABE, F.S, DEAN, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. Circular No. 939. U.S. Department of Agriculture. Washington. DC.
- OLUMA, H.O.A., GARBA, I.U., 2004. Screening of *Eucalyptus globulus* and *Ocimum gratissimum* against *Pythium aphanidermatum*. *Nigerian J. Plant Prot.* 21: 109–114.
- OUYANG, X.J., ZHOU, G.Y., WEI, S.G., HUANG, Z.L., LI, J., ZHANG, D.Q., 2007. Soil organic carbon and nitrogen mineralization along a forest successional gradient in Southern China *Chinese Journal of Applied Ecology* 18, 1688–1694.

- ÖZBEK, H., KAYA, Z., GÖK. M., KAPTAN, H., 1993. Toprak Bilimi . Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No. 73, Ders Kitapları No: 6, sf: 585-592, Adana.
- ÖZKURT, A., 2002. Türkiye'deki okaliptüs plantasyonları: Problemler, yönetim ve fırsatlar, DOA Dergisi, No:8, sayfa 1-18, Tarsus.
- PAUL, K.I., POLGLASE P.J., NYAKUENGAMA, J.G, KHANNA, P.K., 2002. Change in soil carbon following afforestation. Forest Ecology and Management 168, 241-257. doi: 10.1016/S0378-1127(01)00740-X
- PETERKEN, G.F., 1996. Natural Woodland Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions. Cambridge University Press, Cambridge.
- POLGLASE, P.J., ATTIWILL, P.M., ADAMS, M.A., 1992. Nitrogen and Phosphorus Cycling in Relation to Stand Age of *Eucalyptus Regnans* F. Muell. 2. N Mineralization and Nitrification Plant Soil 142: 167-176
- POWLSON, D., WHITMORE, A.P., GOULDING, K.W.T., 2010. Soil Carbon Sequestration for Mitigating Climate Change: Distinguishing the Genuine from the Imaginary. Handbook of Climate Change and Agroecosystems.
- PRASAD, R. and POWER, J.F., 1997. Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. Boca Raton, FL: CRC Press LLC. 356p.
- QI, Y., XU, M., WU, J., 2002. Temperature Sensitivity of Soil Respiration and Its Effects on Ecosystem Carbon Budget: Nonlinearity Begets Surprises. Ecological Modelling 153, 131-142.
- QUILCHANO, C., MARANON, T., 2002. Dehydrogenase activity in Mediterranean forest soils. Biology and Fertility of Soils 35, 102–107
- RAICH, J.W., and TUFEKCIOGLU, A., 2000. Vegetation and Soil Respiration: Correlations and Controls. Biogeochem., 48 (1), 71-90
- RAIESI, F., 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. Agric. Ecosyst. Environ. 112, 13–20
- SABERI, M., DAVARI, A., TARNIAN, F., SHANREKI, M., SHANREKI, E., 2013. Allelopathic Effects of *Eucalyptus camaldulensis* on Seed Germination and Initial Growth of four range species, Annals of Biological Research, 4 (1):152-159

- SAISON, C., DEGRANGE, V., OLIVER, R., MILLARD, P., COMMEAUX, C., MONTANGE, D., LE ROUX X. 2006. Alteration and resilience of the soil microbial community following compost amendment: effects of compost level and compost-borne microbial community. *Env. Microbiol.* 8: 247-257.
- SALVO, L., HERNANDEZ, J., ERNST, O., 2010. Distribution of soil organic carbon in different size fractions, under pasture and crop rotations with conventional tillage and no-till systems. *Soil and Tillage Research* 109, 116–122.
- SAMPSON, R.N. and SCHOLLES, R.J., 2000. Additional human-induced activities Article 3.4. p. 181–281. In R.T. Watson et al. (ed.) *Land use, land-use change, and forestry: A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- SAMPSON, R.N., 1995. Designing forestry projects for climate action plan implementation. *Interciencia* 20: 373.
- SAMPSON, R.N., 1995. Designing forestry projects for climate action plan implementation. *Interciencia* 20: 373.
- SCHAEFER, R., 1967. Caracteres et evolution des Activites Microbiennes Dans Une Chaîne de Sols Hydromorphes Mesotrophiques de la Plaine d'Alsace, *Revue d'Ecologie et de Biologie du sol (IV)* 4, 567-592.
- SCHIMMEL, D., ENTING, I.G., HEIMANN, M., WIGLEY, T.M.L., RAYNAUD, D., ALVES, D., SIEGENTHALER, U., 2000. CO₂ and the carbon cycle, In: *The Carbon Cycle*, Ed: Wigley, T.M.L., Schimel, D.S., Cambridge University Press, USA, 0-521-58337-3, 1-37.
- SCHLICHTING, E., and BLUME, E., 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. Verlag Paul parey, Hamburg and Berlin.
- SCHUMACHER, M. V., WITSCHORECK, R. and CALIL, F.N., 2003. Carbon storage in *Eucalyptus* spp. forests in different ages in small rural areas in South Brazil http://www.bodenkunde2.unifreiburg.de/eurosoil/abstracts/id260_schumacher_full.pdf).

- SHI, J. and CUI, L., 2010. Soil carbon change and its affecting factors following afforestation in China. *Landscape and Urban Planning* 98, 75–85. doi: 10.1016/j.landurbplan.2010.07.011
- SHI, P.L., ZANG, X.Z., ZHONG, Z.M., QUYANG, H., 2003. Diurnal and Seasonal Variability of Soil Respiration in the Cropland Ecosystem of the Tibetan Plateau. *Chinese Ecosystem Research Network*, 321–330.
- SMOLANDER, A. and KITUNEN, V., 2011. Comparison of Tree Species Effects on Microbial C and N Transformations and Dissolved Organic Matter Properties in the Organic Layer of Boreal Forests. *Applied Soil Biology* 49: 224–233
- SOUTO, X., BOLANO, J.C., GONZALEZ, L., REIGOSA, M.J., 2001. Allelopathic effects of tree species on some soil microbial populations and herbaceous plants. *Biologia Plantarum* 44, 269–275.
- STABEN, M.L., BEZDICEK, D.F., SMITH, J.L., FAUCI, M.F., 1997. Assessment of soil quality in conservation reserve program and wheatfallow soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:124–130.
- STRICKLAND, M.S., CALLAHAM, M.A., DAVIES, C.A., LAUBER, C.L., RAMIREZ, K., RICHTER, D.D., FIERER, N., BRADFORD, M.A., 2010. Rates of in situ carbon mineralization in relation to land use, microbial community and edaphic characteristics. *Soil Biol Biochem* 42:260–269.
- TAN, H., 1999. Tarsus-Karabucak Yöresi Buharlanmış ve Buharlanmamış Okaliptus Odununun (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- TAN, Z. and LAL, R., 2005. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. *Agric. Ecosyst. Environ.* 111, 140–152.
- TAN, Z. and LAL, R., 2005. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. *Agric. Ecosyst. Environ.* 111, 140–152.
- TATE, R.L., 2000. *Soil microbiology*. 2nd edition, New York: John Wiley & Sons.

- THALMANN, A., 1967. Über die Mikrobielle Aktivitaet und Ihre Beziehungen zur Fruchtbaekitsmerkmalen Einiger Ackerböden unter Besonderer. Berücksichtigung der Dhydrogenase Aktivitit (TTC-Reduktion) Diss. Giesen (FRG).
- TISDALE, S.L., NELSON, W.L., BEATON, J.D., HAVLIN, J.L., 2004. Toprak Verimliliği ve Gübreler. Çev. Nuri Güzel. 6. Baskı. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No. 246. Ders Kitapları Yayın No. A-80.
- TIWARI, S.C., TIWARI, B.K., MISHRA, R., 1989. Microbial Community Enzyme activity and CO₂ evaluation in Pineopple Orchard Soil. Tropical Ecology 30:2, 265-273.
- TRABOULSI, A.F., EL-HAJ, S., TUENI, M., TAOUBI, K., NADER, N.A., MRAD, A., 2005. Repellency and toxicity of aromatic plant extracts against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). Pest Management Science, 61: 597-604
- TUFEKCIOGLU, A., RAICH, J.W., ISENHART, T.M., SCHULTZ, R.C., 2001. Soil respiration within riparian buffers and adjacent crop fields. Plant Soil 229:117-24.
- WANDER, M.M., TRAINA, S.J., STINNER, B.R., PETERS, S.E., 1994. Organic and conventional management effects on biologically active soil organic matter pools. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1130-1139.
- WANG, J., FU, B., QIU, Y., CHEN, L., 2001. Soil nutrients in relation to landuse and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess plateau in China. Journal of Arid Environments 48:537-550.
- WATANABE, K., SHONO, Y., KAKIMIZU, A., OKADA, A., MATSUO, N., SATOH, A., NISHIMURA, H., 1993. New Mosquito Repellent from *Eucalyptus camaldulensis*. J. Agric. Food Chem. 41: 2164-2166.
- XIAO, H. and ZHENG, X., 2001. Effects of plant diversity on soil microbes. Soil and Environmental Sciences, 10(3): 238-241.
- YANG, Y.C., CHOI, H.C., CHOI, W.S., CLARK, J.M., AHN, Y.J., 2004. Ovicidal and adulticidal activity of *Eucalyptus globulus* leaf oil terpenoids against

- Pediculus humanus capitis* (Anoplura: ediculidae). J. Agric. Food Chem. 52: 2507-2511.
- YAŞAR, S., AKA SAĞLIKER, H., DARICI, C., 2009. Doğu Akdeniz Bölgesinde (Adana) yetişen dört odunsu bitkinin bazı toprak ve yaprak özellikleri ile sabit yağ oranları. Tübvav Bilim Dergisi, Cilt:2, Sayı:2, Sayfa:157-161.
- YU, D.G., LIU, G.D., BAI, C.J., CHEN, Z., 2008. A study on evaluation of Gramineous grass adaptability under Eucalyptus. Chinese Agricultural Science Bulletin, 24(10): 521-527
- ZAK, D.R., HOLMES, W.E., WHITE, D.C., PEACOCK, A.D., TILMAN, D., 2003. Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links? Ecology 84, 2042–2050.
- ZHANG, J., WANG, S.L., FENG, Z.W., WANG, Q.K., 2009. Carbon mineralization of soils from native evergreen broadleaf forest and three plantations in mid-subtropic China. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 40, 1964-1982.
- ZHANG, W.J., 2012. Did Eucalyptus contribute to environment degradation? Implications from a dispute on causes of severe drought in Yunnan and Guizhou, China. Environmental Skeptics and Critics, 2012, 1(2):34-38
- ZINN, Y.L., LAL, R., RESCK, D.V.S., 2011. Eucalypt plantation effects on organic carbon and aggregation of three different-textured soils in Brazil. Soil Res 49: 614-624.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Adana’da doğdu. İlk ve orta eğitiminden sonra, 1998 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünde Lisans eğitime başladı. 2002 yılında Biyoloji Öğretmenliği Tezsiz Yüksek Lisansı ile Biyoloji Master sınavlarını kazandı. 2004 yılında Biyoloji Öğretmenliği Tezsiz Yüksek Lisans eğitimini, 2006 yılında da Master eğitimini tamamladı. 2007-2008 döneminde askerlik görevini tamamladıktan sonra, 2008-2009 döneminde Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünde Doktora eğitime başladı ve devam etmektedir.