

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat ŞİMŞEK

**FARKLI YAŞLARDAKİ OKALİPTÜS ORMANLARINDA
MİKORİZAL GELİŞİM İLE TOPRAK KARBON SALINIMI
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASI**

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ADANA, 2012

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI YAŞLARDAKİ OKALİPTÜS ORMANLARINDA MİKORİZAL
GELİŞİM İLE TOPRAK KARBON SALINIMI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Murat ŞİMŞEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Bu Tez 19/01/2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/
Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Zülküf KAYA
ÜYE

.....
Prof. Dr. Cengiz DARICI
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında
hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2010YL66

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI YAŞLARDAKİ OKALİPTÜS ORMANLARINDA MİKORİZAL GELİŞİM İLE TOPRAK KARBON SALINIMI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASI

Murat ŞİMŞEK

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

Danışman :Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ
Yıl: 2012, Sayfa: 65
Jüri :Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ
:Prof. Dr. Zülküf KAYA
:Prof. Dr. Cengiz DARICI

Araştırmanın amacı; farklı yaş gruplarına ait okaliptüs ağaçları ve bu alanlardaki farklı uygulamaların yapıldığı alanlardan alınan toprak örneklerinde karbondioksit salınımı, karbon ve azot içeriği, dehidrogenaz aktivitesi ile topraktaki mikoriza sporları arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Çalışma, Çukurova Üniversitesi, Rizosfer ve Toprak Biyoteknolojisi laboratuvarları ve Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü Karabucak Orman İşletme Şefliğinin Fehmi Güresin Ormanında 5, 7 ve 10 yaşındaki okaliptüs sahasında yürütülmüştür. Araştırma alanı; kesilip sürülmüş (S1), kesilip sürülmemiş (S2) ve müdahale edilmemiş (S3) şeklinde olup buna ek olarak tarım alanı ve tarım yapılmamış doğal alan olmak üzere sınıflandırılmıştır. Deneme bitkisi olarak okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) kullanılmıştır. Toprakta CO₂ solunumu, dehidrogenaz aktivitesi, mikoriza spor sayımı, karbon ve azot içeriği, bitkide ise mikorizal kök enfeksiyonu belirlenmiştir.

Genelde toprakların dehidrogenaz aktivitesi ve solunumu, organik karbon, azot içeriği ve mikoriza spor sayısında en yüksek değerler her üç yaş grubu için S3 uygulaması olan müdahale edilmemiş parsellerde, en düşük değerler ise S1 uygulaması olan kesilip sürülmüş parsellerde belirlenmiş olup sonuçlar projenin amacıyla beklendiği gibidir.

Anahtar Kelimeler: Mikoriza, *Eucalyptus camaldulensis*, Karbon, Toprak Solunumu.

ABSTRACT

MSc THESIS

INVESTIGATE THE RELATIONSHIP BETWEEN THE RELEASE OF SOIL CARBON AND MYCORRHIZAL DEVELOPMENT UNDER DIFFERENT AGES'S EUCALYPTUS FORESTS

Murat ŞİMŞEK

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION**

Supervisor :Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ
:Year : 2012, Pages: 65
Jury :Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ
:Prof. Dr. Zülküf KAYA
:Prof. Dr. Cengiz DARICI

The aim of the study is to search the relationship between soil respiration, soil organic carbon, nitrogen content, dehydrogenase activities and mycorrhizal development of different ages of eucalyptus trees.

The research was carried out at Çukurova University, Rhizosphere (Root Biology) and Soil Biotechnology laboratories and Tarsus Forestry Research Institute, Fehmi Güresin plantation on 5, 7 and 10 years old eucalyptus site. The experiment have been carried out on three each group eucalyptus plantations in the Regional Forestry and Forestry Management area which is located in Tarsus. The eucalyptus (*E.camaldulensis*) tree in the experiment plan for each age group treatments such as (SI) shaved the three plants from soil surface and plowed, (SII) Shaved without plowing, (SIII) Control without shaved the tree plants, agricultural area and natural area. CO₂ respiration, dehydrogenase activity, number of mycorrhiza spore, soil organic carbon and nitrogen contents and mycorrhizal colonization were analyzed.

The results are shown that generally for all ages eucalyptus plantation the highest soil organic carbon, nitrogen content, dehydrogenase activity, number of mycorrhiza spores and soil respiration were found in S3 treatment without shaving and plowing treatment. Less organic C, N content, dehydrogenase activity, number of mycorrhiza spore numbers and soil respiration were measured in S1 treatment (sheaved and plowed treatment) for all three age plantation.

Key Words: Mycorrhiza, *Eucalyptus camaldulensis*, Carbon, Soil Respiration.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen bilimsel ve özellikle sosyal açıdan desteğini her zaman gördüğüm ve düşünsel değerlerini inançla benimsediğim saygıdeğer hocam Prof. Dr. İbrahim ORTAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim. Ayrıca bu çalışmamda yanımda olan Ar. Gör. Çağdaş AKPINAR, Biyolog Şahin CENKSEVEN, Biyolog Ahu KUTLAY, Ar. Gör. Ahmet DEMİRBAŞ, Biyolog Nacide KIZILDAĞ ve Zir. Müh. Mehmet Uygur TÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana maddi ve manevi desteğini hiç esirgemeyen aileme en derin şükranlarımı ifade etmek isterim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Okaliptüsün Botanik Özellikleri	5
2.2. Karbonun Toprağa Bağlanması	8
2.3. Topraktan Salınan CO ₂ Miktarı	8
2.4. Toprak Solunumu ve Mikrobiyal Aktivite	9
2.5. Mikoriza	10
2.6. Topraktaki Doğal Mikorizanın Varlığı	10
3. MATERYAL VE METOD	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. Çalışma Alanı Topraklarının Özellikleri.....	13
3.2. Metod	18
3.2.1. Deneme Deseni	18
3.2.2. Toprak Örneklerinin Alınması	19
3.2.3. Bitki Kök Örneklerinin Alınması	20
3.2.4. Mikoriza Sporlarının İzolasyonu ve Sayımı	20
3.2.5. Mikoriza Enfeksiyonunun Teşhisi	20
3.2.6. Arazide Toprak Solunumu.....	21
3.2.7. Dehidrogenaz Aktivitesi Tayini	22
3.2.8. Karbon ve Azot Analizi	22
3.2.9. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler.....	23
3.2.10. İstatistiksel Analizler	23

4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
4.1. Farklı Dönemlere Ait Mikorizal Spor Potansiyeli.....	25
4.2. Mikorizal Kök İnfeksiyonu	29
4.2.1. Kesilip Sürülmemiş Parsellerdeki (S2) Bitkilerin Dikey ve Yatay Boyutta Kök İnfeksiyon Dağılımı	30
4.2.2. Müdahale Edilmemiş Parsellerdeki (S3) Bitkilerin Dikey ve Yatay Boyutta Kök İnfeksiyon Dağılımı	31
4.3. Toprak Solunumu Değerleri	34
4.4. Dehidrogenaz Aktivitesi.....	38
4.5. Karbon ve Azot İçerikleri.....	41
4.6. C/N Oranı	46
4.7. Toprak Özellikleri Arasındaki Korelasyon	49
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. 5, 7 ve 10 yaşındaki okaliptüs topluluğu topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	14
Çizelge 4.1. Farklı yaşlardaki okaliptüs bitkisi ve farklı tarım topraklarındaki spor sayısı (spor sayısı 10 g ⁻¹ toprak).....	28
Çizelge 4.2. Farklı yaşlardaki okaliptüs bitkilerinde mikorizal kök enfeksiyonu (%).....	29
Çizelge 4.3. Farklı yaşlardaki okaliptüs bitkilerinin kesilip sürülmemiş (S2) parselinde derinliğe bağlı kök enfeksiyonu (%).....	32
Çizelge 4.4. Farklı yaşlardaki okaliptüs bitkilerinin müdahale edilmemiş (S3) parselinde derinliğe bağlı kök enfeksiyonu (%).....	33
Çizelge 4.5. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs, tarla ve doğal alan topraklarında solunum değerleri (g C m ⁻² gün ⁻¹).....	36
Çizelge 4.6. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs, tarla ve doğal alan topraklarında dehidrogenaz aktiviteleri (mg TPF/10g).....	40
Çizelge 4.7. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs, tarla ve doğal alan topraklarında karbon (C) değerleri (%).....	43
Çizelge 4.8. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs, tarla ve doğal alan topraklarında azot (N) değerleri (%).....	44
Çizelge 4.9. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs, tarla ve doğal alan topraklarında C/N oranı	48
Çizelge 4.10. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs topraklarına (1. Örnek) ait korelasyon.....	49
Çizelge 4.11. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs topraklarına (2. Örnek) ait korelasyon.....	49
Çizelge 4.12. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs topraklarına (3. Örnek) ait korelasyon.....	50
Çizelge 4.13. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs topraklarına (4. Örnek) ait korelasyon.....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Farklı yaşlardaki okalıptüs ağaçlarının kesilip sürülmüş (S1) parselinin görüntüsü	15
Şekil 3.2. Farklı yaşlardaki okalıptüs ağaçlarının kesilip sürülmemiş (S2) parselinin görüntüsü	16
Şekil 3.3. Farklı yaşlardaki okalıptüs ağaçlarının müdahale edilmemiş (S3) parselinin görüntüsü	17
Şekil 3.4. Çalışma alanının uydu (Google Earth) görüntüsü	18
Şekil 3.5. Deneme alanı çekirdek alt parseli	19
Şekil 3.6. Araziden toprak örneğinin alınması	19
Şekil 4.1. Farklı derinliklerden toprak örneği alınması	30

1. GİRİŞ

Endüstri devriminden bu yana atmosferdeki karbondioksit (CO_2) miktarı artmaktadır. Günümüzde iklimsel değişimlerin insan yaşamını etkileyeceği kaygısı, karbon salınımının azaltılmasını ve yeni önlemlerin alınmasını gerekli kılmıştır. Birleşmiş Milletler İklim değişimi çerçevesinde imzalanan Kyoto Protokolü ile çoğu Avrupa ülkesi orman ekosistemlerindeki karbon değişimini incelemeye almıştır. Topraktaki karbonun kaynağı bitkisel atıklardır (yaprak, gövde ve kök parçaları).

Özellikle son yıllarda ekosistemlerdeki C döngüsü ile atmosferdeki CO_2 miktarı arasındaki bağlantı fark edilmiş ve 2075 yılına kadar atmosferdeki miktarının ikiye katlanacağı tahmin edilmiştir. Mevcut bilgi birikimi ile karasal ekosistemlerdeki karbonun %75'inin ormanlarda saklı olduğu ve bunun yarısından fazlasının da toprak organik maddesi olarak depolandığı, bunun da uzun zamanda C döngüsü yolu ile atmosfere salınacağı tahmin edilmektedir.

Toprak organik maddesinden karbonun CO_2 veya CH_4 (metan) formunda atmosfere salınması ile potansiyel olarak küresel anlamda iklim değişimlerinin yaşanacağı beklenilmektedir. Bu değişimlerin yaşam üzerinde de istenmeyen sonuçlar doğuracağı bilinmektedir.

Atmosferdeki artan CO_2 miktarı ile iklim değişimleri arasındaki ilişki pek çok araştırmanın konusudur. Tarım bilimi açısından tarım ve toprak yönetiminin CO_2 salınımı üzerindeki etkisi genelde toprak organik maddesinde meydana gelen değişimler ile ilişkilendirilmektedir. Ancak topraktaki toplam karbon ve atmosfere salınan karbon ile iklim değişimleri konusundaki model sonuçlarının birbirlerini denkleştirmemesi uzun zamandır ekologları da konu üzerinde düşünmeye sevk etmiştir. Günümüzde mevcut teknoloji ve analiz yöntemleri ile bitkilerce tutulan toplam karbon miktarı ölçülebilecek düzeydedir. Ayrıca toprakta ayrışma sonucu bitki artıkları ve organik maddenin, iklim ve toprak-bitki yönetim modellerine bağlı olarak ayrışması ile atmosfere belirli oranda CO_2 salındığı da bilinmektedir. Toplam karbon salınımı ile iklim değişimleri arasındaki ilişki matematiksel modelleme ile açıklanarak geleceğe ilişkin tahminler yapılmaktadır. Araştırmalarda toprakta

meydana gelen değişimde ince bitki kökleri, mikoriza ve diğer yararlı mikroorganizmaların rolünün ihmal edildiği ve bu konuda az bilgi bulunduğu belirtilmiştir (Giardina ve ark, 2005).

Mikoriza (kök mantarı) ile iyi infekte olmuş bitkiler daha çok fotosentez yaparak daha çok karbonhidrat üretmekte ve doğal olarak daha çok karbon organik halde bağlanmaktadır. Mikoriza bitkiye karbon yönünden bağımlı olduğu için iyi bir infeksiyon gerçekleşmesi durumunda bitki daha fazla fotosentez yapmakta ve daha fazla karbon bağlamaya yardımcı olmaktadır.

Ancak bitkilerin fotosentez yolu ile ürettiği karbonun ne kadarının toprakta kaldığı, hangi sıklıkta köklerin ve mikorizanın ayrıştığı ve toprak organik madde bütçesine olan katkısı tam olarak bilinmemektedir.

Giardina ve ark (2005), atmosfere salınan karbonun %50'sinin toprak kökenli olduğunu rapor etmektedir. Ayrıca topraktan salınan karbonun ne kadarının mikoriza mantarları tarafından salındığının bilinmediğini belirtmektedir. Bu bağlamda mikoriza mantarları ile karbon salınımı arasındaki ilişkinin araştırılması son derece önem taşımaktadır. Genelde kılcal kökler mikoriza ile bağlantılı olup, bitki tarafından oluşturulan karbonhidratın yaklaşık % 4-20 kadarının mikoriza tarafından sağlandığı tahmin edilmektedir (Douds ve ark, 1988; Wang ve ark, 1989). Yapılan bütün çalışmalarda atmosfere salınan karbondioksitin % 10 kadarının toprak organik maddesinden salınması (Raich ve Potter, 1995) nedeniyle, toprak organik madde (OM) miktarının araştırılması ve toprakların OM miktarının yerinde korunması önemlidir.

Birçok bilim insanı da özellikle bitki kökleri ve mikoriza mantarlarının ayrışması ile toprak organik madde miktarının belirlenmesini araştırmaya değer bulmaktadır.

Bu çalışmanın konusu orman bitkilerinin farklı mikorizal yapılara sahip olması nedeniyle, mikoriza ve bitki köklerinin toplam karbon absorbe etme kapasitesinde mikoriza mantarlarının rolünün irdelenmesidir.

Bu bağlamda yarı kurak iklime sahip olan Çukurova bölgesinde kolay gelişme olanağı ve mikorizaya bağımlılığı bulunan Okaliptüs (*E.camaldulensis*) ağacının, karbon bütçesi ile bitki kökünden ve mikorizalarından salınan karbon

döngüsünün bilinmesi bilimsel ve ekolojik anlamda önem taşımaktadır. Bu çalışma, Çukurova bölgesinde okaliptüsün hızlı büyümesi ve geniş yayılım alanına sahip olması ile birlikte ekto ve endomikoriza türleri ile infekte olabilme kapasitesi nedeniyle çalışmaya değer görülmüştür.

Birleşmiş Milletler İklim Değişimleri ve Kyoto Protokolü çerçevesinde her ülkenin orman ekosistemindeki karbon (C) dinamiğinin ve atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun bilinmesi artık zorunlu hale gelmesi bakımından araştırmanın önemi daha da artmaktadır. Bu araştırma ile ülkemizde okaliptüs bitkisinin ve mikoriza mantarlarının toplam toprak organik karbon bütçesine ve solunum yolu ile atmosfere salınan karbon bütçesine katkısı araştırılmaya çalışılmıştır.

Toprak solunumu doğal olarak, bitki türü ve toprağı örten bitki örtüsü ile doğrudan ilgilidir. Aynı yetiştirme ortamındaki bitki türleri arasında da toprak solunum düzeylerinde farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bitki türleri arasındaki bu farklılık toprakta C dönüşümünün ve bunun çevre ve iklim üzerindeki etkisinin kontrol edilmesi bakımından da önemli görülmektedir (Raich ve Tufekcioglu, 2000).

Çalışma, Çukurova Üniversitesi, Rizosfer ve Toprak Biyoteknolojisi laboratuvarları ve Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü Karabucak Orman İşletme Şefliğinin Fehmi Güresin Ormanında 5, 7 ve 10 yaşındaki okaliptüs sahasında yürütülmüştür.

Araştırmanın amacı; ülkemizde toplam karbon bütçesinin hesaplanmasına temel teşkil etmek üzere farklı yaş gruplarına ait kesilmiş ve kesilmemiş okaliptüs alanlarında toprak CO₂ salınımı ile topraktaki mikoriza varlığı arasındaki ilişkiyi araştırmaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Okaliptüsün Botanik Özellikleri

Okaliptüs bitkisi, Avustralya orijinli olup 600'den fazla türe sahiptir. Hâlâ daha yeni türleri de tespit edilmeye devam etmektedir. Anavatanından daha çok farklı ülkelerde (ekolojik bölgelerde) bulunmakta ve en önemli su havzalarını işgal etmektedir. Farklı enlem ve boylamlara dikildiğinde büyüyüp gelişemeyen bir çok bitkinin aksine, okaliptüsün bir çok türü doğal habitatları dışına dikildikleri zaman farklı enlem ve boylamlarda yüksek bir tahammül derecesi göstermektedir (FAO, 1988).

Okaliptüsün doğal yayılış alanı Okyanusya'dır. Ancak *Eucalyptus oceanicalfolia* Nrg. türünün Tersiyer'de, bundan 50-60 milyon yıl önce Tarsus dolaylarında doğal olarak yetiştiği bildirilmektedir (Kayacık, 1982). Okaliptüs (*Eucalyptus*) cinsi; Cormophyta (gövdeli bitkiler) ana birliğinin, Spermatophyta (tohumlu bitkiler) şubesinin, Angiospermae (kapalı tohumlu bitkiler) alt şubesinin, Dicotyledoneae (çift çenekliler) sınıfının, Choripetalae (periyant yaprakları ayrı) alt sınıfının, Dialypetaleae grubunun, Myrtales takımının, Myrtaceae familyasına aittir (Kayacık, 1982). Herdem yeşil olan okaliptüsler, çoğunlukla ağaç bazen de ağaççık halinde bulunurlar. Okaliptüs cinsinin sahip olduğu tür sayısı konusunda çelişkili rakamlar verilmektedir. Kayacık (1982), birbirinden ayırt edilmesi güç 160-300 taksonunun bulunduğunu bildirmektedir. Pryor ve Blakely Işık'a atfen; sırasıyla 600, 522 tür 150 varyete ve 800'den fazla türün bulunduğunu bildirmektedir (Gürses, 1990).

Yapraklar ağaç türüne ve yaşına göre değişmektedir. Çoğunlukla uzun tırpan biçiminde ya da söğüt yaprağına benzemektedir. Genç sürgünlerde yuvarlak ve oval, yaşlı ağaçlarda ise ince ve uzundur. Her iki çeşit yaprağın üst yüzeyleri parlak boz yeşil, alt yüzleri mat boz yeşil rengindedir. İçerisinde "Okalitol" denilen eterik yağ mevcut olduğu için kendine özgü bir kokusu vardır. Sürgünlere genellikle almaçlı nadiren de karşılıklı dizilmişlerdir. Beyaz, sarı ya da kırmızı renkte olan çiçekleri yaprakların koltuklarında tek tek ya da bileşik salkım halinde bulunmaktadır. Çanak

yaprak çoğunlukla körelmiş, taç yaprak ise değişik biçimlerde (Anşin ve Özkan, 1993; Tan, 1999).

Ülkemize okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) ilk defa 1885 yılında Mersin-Adana demiryolu hattını yapan Fransız şirketi tarafından istasyonlara süs bitkisi olarak getirilmiştir (Adalı, 1944). Ekonomik amaçlı ilk plantasyon ise 1939 yılında Tarsus-Karabucak yöresinde tesis edilmiştir. Bu, aynı zamanda ülkemizin ilk planlı, programlı ve projeye dayalı plantasyonudur. Bu plantasyonun amacı, çoğu zaman zannedildiği gibi, bataklığın kurutulması değil, Zonguldak Taş Kömürü Madenlerinin işletilmesi için maden direğine duyulan acil ihtiyacı karşılamaktır (Gürses, 1990).

Türkiye’de 20.000 ha okaliptüs ağaçlandırması olduğu tahmin edilmektedir (Gürses, 1993). Avcıoğlu (1982),’na göre Türkiye’de Okaliptüs yetiştiriciliğine uygun alan 150.000 ha civarındadır.

Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü sahaları içinde yaklaşık 10.000 dekar alana okaliptüs dikimi yapılmış bulunmaktadır. Okaliptüs Çukurova bölgesinde hızlı büyümesi ve odun ve kereste, kâğıt sanayinde kullanımından dolayı geniş bir dikim alanı bulmuştur Bitkilerin hasat edilmesi ve aynı alanların okaliptüs plantasyonuna açılması artan iklim değişimlerinde bitkilerin rolü ve doğal mikorizanın rolünün araştırılması önem taşımaktadır. Günümüzde Türkiye’nin Kyoto protokolü çerçevesinde uluslararası yükümlülükler gereği toplam karbon bütçesinin tespit edilmesi bakımından da önem taşımaktadır. Okaliptüsün odun üretimi, toprak üstü ve toprak altı büyüme (biokütle), karbon bağlama kapasitesi ve bitkilerin toprak özellikleri ve kalitesi üzerindeki etkisi ve depolanan karbon miktarının bilimsel olarak incelenmesi önem kazanmaktadır. Okaliptüsün ekofizyolojik özellikleri nedeniyle kök ve mikrobiyal aktivitenin etkisinin ortaya konması ve karbon kazanımının belirlenmesi hem küresel ısınmanın mekanizmasının anlaşılması bakımından, hem de ülkemizde marjinal alanların değerlendirilmesi ve ıslahı açısından önem taşımaktadır.

Okaliptüs ekonomik ve ekolojik özellikleri nedeniyle bölgede tercih edilmiş olup özellikle hızlı büyümesi sayesinde bozulan alanlarda agroforest olarak

kullanılmaktadır (Dell ve ark, 2000). Okaliptüs hem endo hem de ekto mikorizalı olup bölgede marjinal alanların ıslahı ve korunmasında kullanılan bitkidir.

Okaliptüs dünyada geniş bir yayılım alanına sahip olması, temelde bitkinin ekto ve endo mikoriza ile aşılınmasıyla sıkı sıkıya bağlı olmasına bağlanmaktadır. Türkiye'de okaliptüs dikimi yapılacak alanların başında marjinal alanlar yer almaktadır. Ülkemizde ve özellikle de Çukurova'da önemli yayılım alanı olan orman ağaçlarından Okaliptüs ağacının toplam ürettiği fotosentezin ne kadarının bitki kütlesi olarak oluştuğu, ne kadarının bitki kökleri ve mikoriza mantarı olarak toprak organik maddesine katkıda bulunduğunun belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Bu bağlamda okaliptüs ağaçlandırmalarının ekolojik ve ekonomik yönden irdelenmesi ile ülkemizin ileride karbon depolanmasına katkısı kadar marjinal alanların ıslahı ve iyileştirilmesinde de kullanılabilecek potansiyele sahip bulunması bakımından önem taşımaktadır. Başta tarım alanları olmak üzere bozulan, erozyona uğrayan, tuzlulaşan alanlara hızlı büyüyen ve doğadaki ekto ve endo mikoriza ile kolayca infekte olan bitkilerin kullanılması, alanların iyileştirilmesi ve küresel ısınmaya neden olan CO₂'nin tutulmasına katkıda bulunması bakımından potansiyel bir bitki olarak görülmektedir. Ülkemizin sahip olduğu potansiyel okaliptüs ağaçlandırma sahalarının bir an önce ağaçlandırılması ile bölgemizde gelişen ambalaj ve kağıt sanayisine olası katkısı da artacaktır. Böylece okaliptüsün öneminin yeterince kavranmasını da sağlayacaktır.

Bitkiler toprak üstünde sadece ışık için rekabet halinde iken, toprak altında su ve birçok besin elementi için rekabet halindedirler. Bu haliyle gerçek yarış toprak altı sistemlerinde olmaktadır. Bu nedenle toprak altı kök kütlesinde, kök-mikoriza ve toprak temas alanında (rizosfer) depolanan karbon miktarı son derece önem taşımaktadır. Avusturalya'da 50 yaşındaki bir okaliptüs ormanında yapılan bir araştırmada, toprak üstü servet 312 ton/ha ve kök kütlesi ise 75 ton/ha olarak belirlenmiştir (Cairns ve ark, 1997). Aynı çalışmada, ılıman bölge ormanları için kök/üst aksam oranı 0.26 olarak rapor edilmiştir. Kökler bir taraftan büyüyerek karbon depolamakta, diğer taraftan ölü kökler ve salgıladıkları bileşikler vasıtasıyla toprağı organik maddece zenginleştirmektedirler.

2.2. Karbonun Toprağa Bağlanması

Topraktaki karbon bütçesi, toprak organik maddesi olarak tanımlanmaktadır. Karbon; genelde mikoriza, kılcal kökler ve bitki artıkları aracılığı ile toprakta tutulmasının yanında organik maddenin ayrışması ve solunum yolu ile de kaybolmaktadır. Toprakta bulunan organik madde değişik şekillerde tutularak toprağı dolaylı olarak etkilemektedir (Rillig ve ark, 2001).

Şu ana kadar gelişmiş pek çok ülkede bitkilerin karbon bütçesi belirlenmiş ve modellendirilerek iklim değişimleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır; ancak şu ana kadar istenilen sonuca ulaşamamıştır. Toprak altı karbon döngüsü mekanizmasına neden olan kılcal kök, mikoriza hifleri ve toprak mikroorganizmalarının rolü az bilindiğı için model başarılı olamamıştır. Ekolojistler bitki kök bölgesinde yaşayan mikroorganizmaların karbon döngüsü üzerindeki etkisinin belirlenmesinin önemini işaret etmişlerdir.

2.3. Topraktan Salınan CO₂ Miktarı

Endüstri devriminden bu yana atmosferdeki CO₂ miktarı gelişmeye ve tüketime bağlı olarak artmaktadır. Günümüzde iklimsel değişimlerin insan yaşamını etkileyeceğı kaygısı karbon salınımının azaltılmasını ve yeni önlemlerin alınmasını gerekli kılmıştır.

Sera gazı CO₂ konsantrasyonu endüstrileşmedeki dönemlerden önce 280 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ iken, bu değerin günümüzde artış göstererek 380 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ un üzerinde olduğu belirlenmiştir ve bu değerin 2050 yılında 500-600 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ civarında olacağı tahmin edilmektedir(Coll ve Hughes, 2008).

Çoğu fotosentetik organizmalar için atmosferdeki yararlanılabilir CO₂ konsantrasyonu yaklaşık olarak 1000 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ olduğu belirtilmiştir. Bu da günümüzdeki CO₂ miktarının yaklaşık 3 katıdır (Jones, 1992).

Atmosfere salınan CO₂'in önemli kısmının kaynağının da aynı zamanda tarım olduğu veya tarıma dayalı yanlış toprak bitki yönetimi olduğu bir gerçektir.

Atmosferde bulunan C miktarının yaklaşık % 10'u kadarının topraktan salınım yolu ile geçtiği tahmin edilmektedir(Raich ve Potter, 1995). Ancak bunun fosillerin yanması ile atmosfere geçenden 10 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Bohn, 1982). Eswaran ve ark (1995), toprağın en büyük mineralize olabilir karbon kaynağı olduğunu belirtmektedirler.

Ağaçlandırma yalnızca odun üretimi olarak değil, aynı zamanda atmosferdeki CO₂'in depolanması ve iklim değişimlerinin evrenin normal değerlerine taşınması bakımından ayrıca önem taşımaktadır. Bu bağlamda daha fazla karbonhidrat üreten bitki türlerinin belirlenmesi, bunlardan mikroorganizmalar ile ekolojik ilişki içinde olanların yaygın olarak dikilmesi ayrıca önem kazanmaktadır. Doğru türlerin belirlenmesi, türlerin ekolojik ve yetiştirme koşullarının bilinmesi, toprak ve beslenme ortamının da bilinmesi yararlı olacaktır.

2.4. Toprak Solunumu ve Mikrobiyal Aktivite

Organik madde ayrışması bütün heterotrofların bir özelliği olduğundan, mikrobiyal aktivitenin göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bu işlev sonucu aerobik ayrışma koşullarının son ürünü olarak CO₂ çıktığından, belirli bir biyokütle içeren toprak kütesinin oksijen tüketimi ve CO₂ oluşturmaları “**toprak solunumu**” olarak tanımlanır (Haktanır ve Arcak, 1997).

Raich ve Schlesinger (1992), yıllık bazda toprak solunumunun (R_s), ekosistemdeki toplam solunuma (R_{eco}) katkısının % 60-80 arasında olduğunu rapor etmişlerdir.

Toprak solunumu doğal olarak bitki türü ve toprağı örten bitki örtüsü ile de doğrudan ilgilidir. Yan yana olan bitki türleri arasında bile farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bitki türleri arasındaki farklılık toprakta C dönüşümünün ve bunun çevre ve iklim üzerindeki etkisinin kontrol edilmesi bakımından önemli görülmektedir (Raich ve Tufekcioglu, 2000).

Topraktaki solunum doğal olarak yere düşen bitki artıklarının organik maddesinin ayrışmasıyla da hızlanmaktadır. Raich ve Nadelhoffer (1989), topraktaki solunumun doğal olarak toprağı dökülen ölü örtü ile artmakta olduğunu

belirtmişlerdir. Bu bağlamda topraktaki organik madde miktarı ve ayrışması, yani toprak mikroorganizma faaliyeti bu araştırmaya değer niteliktedir.

Dehidrogenaz aktivitesi, toprakların toplam mikrobiyolojik aktivitesinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir göstergedir. Toprak enzim aktivitesi çoğu zaman toplam mikroorganizma sayısı ve aktivitesi ile ilişkili değildir. Dehidrogenaz aktivitesi, toprak nemi ve sıcaklığı gibi çevresel faktörler ile organik madde gibi toprak özelliklerinden önemli oranda etkilenmektedir. Bu nedenle bu enzimin aktivitesi toprak örneğinin alındığı andaki mikrobiyolojik aktivitesini vermektedir (Aşkın ve ark, 2004). Garcia ve ark (1997), toprakların organik madde içeriği ile toprak mikrobiyal popülasyonunun göstergeleri olan dehidrogenaz ve CO₂ üretimi arasında korelasyon olduğunu rapor etmişlerdir. Bastida ve ark (2006), İspanya’da farklı arazi kullanımı ve toprak çeşitlerinin mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri ile toprak bozunumu arasındaki ilişkileri araştırmışlar ve toprak organik karbonu ile dehidrogenaz aktiviteleri arasında oldukça yüksek pozitif korelasyonlar ($p<0.01$) olduğunu rapor etmişlerdir.

2.5. Mikoriza

Mikorizanın kelime anlamı bitki kökleri ile belirli mantar türleri arasındaki karşılıklı bir yaşam biçimi olarak tanımlanmaktadır. Bu işbirliğinde, bitki mikorizal mantara karbon, mikorizal mantar da bitkiye besin elementleri, hormon ve su sağlamaktadır (Smith ve Read, 2008). Özcan ve Taban (2000), mikorizanın bitki beslenmesini geliştirmesinden dolayı bitki büyümesini de arttırdığını belirlemişlerdir.

2.6. Topraktaki Doğal Mikorizanın Varlığı

Mikoriza mantarı toprakta var olan sporları aracılığıyla karasal ekosistemdeki bitkilerin yaklaşık %90’ının köklerine infekte olmaktadır. Etkin bir infeksiyon gerçekleştiği zaman mikoriza bitki ile ortak bir yaşam oluşturarak bitkinin su ve bazı mineral besin elementlerini özellikle de fosfor, çinko ve bakır alımını gerçekleştirdiği

saptanmıştır. Mikorizal infeksiyon aynı zamanda bitkilerin azot, potasyum, demir ve molibden gibi ağır metallerle de daha iyi beslenmesini sağlamaktadır. Mikoriza uygulaması bitkinin gelişimini ve azot alımını arttırmaktadır (Aggangan ve ark, 1999).

Mikorizal mantar çok miktarda hif üreterek bitki kök yüzey alanını arttırmakta ve kökten çok uzak bölgelerdeki besin elementlerini söz konusu hifleri aracılığı ile alabilmektedir.

Şu ana kadar birçok mikoriza türü belirlenmiş olup bunlardan en yaygın olanı arbüsküler mikorizadır. Arbüsküler mikoriza mantarı doğadaki bitki türlerinin % 95'inden fazlası ile simbiyotik olarak yaşadığı bilinen türlerinin üretilmesi henüz teknolojik olarak mümkün olmadığından, mikoriza aşılmasının yapılması için, bitki kökleri aracılığı ile mikorizal spor üretilmesi bir zorunluluktur. Bu işlem mikoriza çalışmalarının öncelikli olanı ve önemlisidir. Doğal koşullar altında bir çok bitki türü toprak mikroorganizmaları, özellikle arbüsküler mikoriza mantarı ile yakın bir işbirliği içindedir. Doğadaki bitki türlerinin yaklaşık tamamı arbüsküler mikoriza mantarı ile infekte olmaktadır.

Doğal mikorizanın topraktaki konsantrasyonu çoğunlukla tarım yapılan ve yapılmayan alanlarda bitki örtüsü ve yeşil aksamının büyüklüğü ile ilişkilendirilmiştir. Michelsen ve Rosendahl (1990), bitki örtüsü ile mikoriza infeksiyonu arasında bir ilişkinin varlığını Somali'de yürüttükleri araştırmada belirlemişlerdir. En düşük sayıda ve daha az etkin mikorizalar bozulmuş, hayvanların otladığı ve sürülmüş alanlarda bulunmuştur. Vejetasyonun bozulması mikorizanın varlığını ve etkinliğini en fazla gerektiren faktör olarak öne çıkmaktadır. Çünkü mikoriza fotosentez yapan bitkiye bağımlı olduğundan fotosentezin olmaması veya eksik gerçekleşmesi mikorizanın oluşumunu negatif olarak etkilemektedir.

Özet olarak; literatürdeki farklı çalışmaların ışığı altında Çukurova bölgesinde orman işletmelerinde yaygın olarak kullanılan okaliptüs bitkisinin farklı yaş aralığına bağlı olarak topraktan CO₂ salınımı ve mikoriza mantarı arasındaki ilişkiyi belirlemek ekolojik yönden önemli olacaktır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışma, 1999, 2002 ve 2004 yıllarında, Mersin Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü Karabucak Orman İşletme Şefliği tarafından baltalığa bırakılan 5, 7 ve 10 yaştaki okaliptüs (*E.camaldulensis*) ağaçlandırma sahası, tarım toprağı ve doğal alanda gerçekleşmiştir. Deneme materyali olarak kesilen ve kesilmeyen alanlardaki toprak örnekleri kullanılmıştır. Bununla birlikte her 3 yaş grubundan da alınan kök örneklerinde mikorizal kök enfeksiyonu analizi yapılmıştır. Ayrıca kesilen ve kesilmeyen okaliptüs bitkilerinin kök enfeksiyonunu belirlemek amacıyla kesilip işlenmemiş parsellerden (S2) ve müdahale edilmemiş parsellerden (S3) birer ağaç belirlenmiş ve bu ağaçların her bir yönünde (Kuzey, Güney, Doğu, Batı) 50, 100 ve 150 cm uzaklıktan kök örnekleri alınarak kökte mikoriza enfeksiyonu belirlenmiştir.

3.1.1 Çalışma Alanı Topraklarının Özellikleri

Çalışma alanındaki 5, 7 ve 10 yaştaki okaliptüs ağaçlandırma sahası topraklarının bazı kimyasal ve fiziksel analizleri yapılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. 5, 7 ve 10 yaşındaki okaliptüs topluluğu topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Yaş	Uyg.	Derinlik cm	%Kum	%Silt	%Kil	Bünye	pH	Kireç	O-M	EC	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Mn	Fe	Zn
							1:1 H ₂ O	%	mmhos /cm	kg/da						
5	*S1	0-20	7.52	30.97	61.51	C	7.83	15.07	3.99	0.57	3.51	162.20	2.40	2.92	19.65	0.62
		20-40	11.26	28.08	60.66	C	7.88	16.16	4.24	0.61	4.53	129.95	2.27	2.29	23.44	0.45
	S2	0-20	14.59	25.17	60.25	C	7.89	16.63	5.03	0.43	3.39	180.17	1.98	3.38	22.12	0.53
		20-40	9.65	24.48	65.85	C	7.85	14.50	5.16	0.58	3.83	137.59	2.15	2.38	23.41	0.34
7	S3	0-20	19.33	31.93	48.74	C	7.87	18.76	4.28	0.47	3.90	192.31	3.29	4.77	12.38	0.66
		20-40	20.77	26.10	53.14	C	7.82	16.83	5.36	0.51	4.83	132.31	3.39	4.20	12.11	0.52
	S1	0-20	22.06	32.87	45.06	CL	7.89	24.08	3.48	0.30	5.08	99.53	2.32	5.50	14.50	0.93
		20-40	19.49	35.02	45.52	C	7.93	25.68	2.12	0.24	2.93	56.65	2.48	4.92	13.79	0.53
	S2	0-20	26.01	37.89	36.14	CL	7.90	24.70	3.89	0.28	3.21	90.98	2.09	5.11	11.31	0.73
		20-40	26.65	40.63	32.74	SiCL	7.91	23.47	1.95	0.20	3.25	52.92	2.38	4.69	13.03	0.44
10	S3	0-20	22.94	37.32	39.71	CL	7.88	23.68	3.08	0.25	3.96	93.92	2.28	4.37	13.05	0.75
		20-40	20.15	42.38	37.45	CL	7.94	22.92	2.08	0.22	3.08	70.22	2.38	4.09	12.32	0.52
	S1	0-20	22.18	30.69	47.15	C	7.88	24.99	4.51	0.21	2.29	93.59	4.45	4.31	10.27	0.57
		20-40	20.52	28.67	50.81	C	7.85	23.67	2.79	0.21	1.87	81.76	4.58	4.34	9.69	0.53
	S2	0-20	22.46	29.58	48.01	C	7.89	23.23	3.95	0.23	2.36	92.76	4.67	4.54	10.25	0.62
		20-40	17.78	31.86	50.36	C	7.85	21.84	2.54	0.20	2.07	82.01	4.70	4.45	10.11	0.62
Tarım Alanı	S3	0-20	17.16	32.01	50.85	C	7.83	20.33	4.46	0.25	2.89	68.98	2.83	4.19	11.24	0.62
		20-40	10.26	33.41	56.30	C	7.83	20.60	3.63	0.24	2.65	63.46	3.05	3.34	10.51	0.54
	S1	0-20	25.40	33.49	41.12	C	7.88	21.48	2.78	0.39	3.30	229.23	2.99	7.22	1.31	1.89
Doğal Alan	S2	20-40	34.82	24.41	40.77	C	7.81	23.45	4.70	0.14	3.16	167.84	2.43	4.89	2.03	2.07
		0-20	8.02	30.47	61.51	C	7.81	21.48	2.47	0.75	3.46	157.13	1.68	4.82	14.50	0.54
	S3	20-40	23.00	26.99	50.01	C	7.74	17.70	5.10	1.70	3.90	129.37	2.11	5.21	16.89	0.60

*S1 Kesilip stürülmüş, S2 Kesilip stürülmemiş, S3 Mühale edilmemiş (Devamlılığı sağlanan)



Şekil 3.1. Farklı yaşlardaki okaliptüs ağaçlarının kesilip sürülmüş (S1) parselinin görüntüsü



Şekil 3.2. Farklı yaşlardaki okaliptüs ağaçlarının kesilip sürülmemiş (S2) parselinin görüntüsü



Şekil 3.3. Farklı yaşlardaki okaliptüs ağaçlarının müdahale edilmemiş (S3) parselinin görüntüsü

3.2. Metod

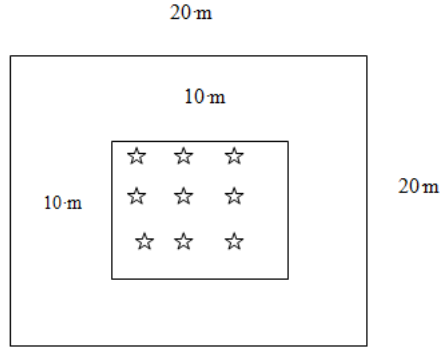
3.2.1. Deneme Deseni

Çalışma, Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü Karabucak Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) ağaçlandırma sahasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Deneme 1999, 2002 ve 2004 yıllarında dikilmiş 3 farklı yaştaki (5, 7 ve 10 yaşında) okaliptüs sahalarını temsil edecek alanlarda 20*20 m ebatlarında, 1) Kesilip sürülmüş (S1), 2) Kesilip sürülmemiş (S2), 3) Müdahale edilmemiş (Devamlılığı sağlanan) (S3) üç ayrı alanda yürütülmüştür. Kesilip sürülmüş alan her yıl iki defa traktörle işlenerek toprağın karışımı ile toprak organik maddesinin ayrışma durumunun belirlenmesine çalışılmıştır.

Çalışma her yaş grubuna ait parsellerde 3 yinelemeli (Her deneme alanı 3*3=9 parsel) olarak yürütülmüştür. Deneme parselleri içinde 10*10 m alandaki çekirdek zonda 3,25*3,25 m dikim aralığındaki dikilmiş 9 adet ağaç araştırmaya konu edilmiştir. Deneme alanı deseni şematik olarak Şekil 3.2.'de belirtildiği gibidir.



Şekil 3.4. Çalışma alanının uydu (Google Earth) görüntüsü



Şekil 3.5. Deneme alanı çekirdek alt parseli.
☆Ağaç

3.2.2. Toprak Örneklerinin Alınması

Her 3 yaş grubunun (5, 7, 10) S1, S2, S3 parsellerinden 3 tekerrür örnek 0-20 ve 20-40 cm derinlikten alınmıştır. Ayrıca doğal alan ve tarım alanından da toprak örnekleri alınmıştır. Örnekler 4 dönem olmak üzere her 3 ayda bir alınmıştır. Bu dönemler; 1. toprak örnekleri Ekim 2009, 2. toprak örnekleri; Ocak 2010, 3. toprak örnekleri Nisan 2010 ve 4. toprak örnekleri Temmuz 2010 şeklindedir. Her 3 ayda bir toplam $3 \times 3 \times 3 \times 2 + 4 = 58$ adet toprak örneği alınıp Çukurova Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Rizosfer laboratuvarına getirilerek analiz edilmiştir. Örnekler analiz safhasına gelinceye kadar $+4C^{\circ}$ 'de muhafaza edilmişlerdir.



Şekil 3.6. Araziden toprak örneğinin alınması

3.2.3. Bitki Kök Örneklerinin Alınması

Deneme başlangıcında her yaş grubuna ait alanda üç adet deneme profili açılmış, bitki kök örnekleri derinlik katmanlarına göre alınmıştır. Bu örnekler, laboratuvarında mikrobiyolojik aktivitenin değişmemesi için soğuk ortamda analize hazırlanmıştır.

3.2.4. Mikoriza Sporlarının İzolasyonu ve Sayımı

Mikoriza sporlarının izolasyonunda kullanılan ıslak eleme yöntemi; nematologların toprak canlılarının izolasyonunda kullandıkları yöntem esas alınarak Gerdemann ve Nicolson (1963), tarafından belirtildiği şekilde yapılmıştır.

Alınan toprak örneğinden 10 g üzerine 100 ml su ile birlikte kalgon görevi görmesi için 1-2 damla sıvı deterjan ilave edilmiştir. Çözelti karıştırıldıktan sonra farklı boyuttaki eleklerden (710, 250, 125 ve 53 µm'luk elekler altta en küçük elek olacak şekilde yerleştirilir) geçirilmiş ve çözelti berraklaşınca kadar çeşme suyuyla toprak materyali yıkanmıştır. Ardından santrifuj ve şekerli çözeltilerden geçirilen toprak materyali, saf su yardımı ile petri kutularına aktararak stereo mikroskopta 40-60 büyütme ile spor sayımı yapılmıştır.

3.2.5. Mikoriza İnfeksiyonunun Teşhisi

Kök uzunluğu ve mikorizal infeksiyon tanısı için, bitki köklerinin canlılığının korunması amacıyla, taze yıkanmış bitki kökleri Etanol, Glacial Asit ve Formalinden oluşan (250:13:5) karışık çözeltide korumaya alınmıştır (Ortaş, 1994).

Mikorizal infeksiyon oluşumu ve % mikoriza infeksiyonunun belirlenmesi için örnekler kullanılmıştır.

Deneme sonucunda elde edilen bitki köklerinin temizleme ve boyama işlemleri Koske ve Gemma (1989),`a göre yapılmıştır. Kökler iyice yıkandıktan ve içindeki ölü kökler ayıklandıktan sonra, kökler saklama kutularında üzerlerini aşacak

kadar saf alkol ile muamele edilmiştir. Alkol hem bitki köklerinin yumuşamasını, hem de uzun süre dejenerasyona uğramadan saklanmasını sağlamıştır.

Mikoriza tanısı yapılmak istenildiğinde, saklama kutularından alınan bitki kökleri 1 cm uzunluğunda segmentlere ayrılmış ve test tüplerine aktarılmıştır.

Köklerin yumuşatılması amacıyla tüplere %10'luk KOH çözeltisi kökleri aşacak miktarda konur ve 65 °C lik etüve 1 saat bırakılır. Köklerin etüvde KOH 'lı çözelti içinde haşlama süresi, köklerin doğal yapısına bağlı olarak değişmekle birlikte, normal koşullarda, haşlama için etüvde 65 °C de 1 saatlik sürede yeterli hale gelmiştir. Daha sonra KOH dökülmüş ve KOH 'ı nötralize etmek için köklere % 10'luk HCl ilave edilerek 1 saat bekletilmiştir. Ardından asitleştirilmiş gliserol tripan mavisi çözeltisi kökleri kapsayacak miktarda konmuş ve 65 °C etüvde 20-25 dakika bekletilmiştir. Tüplerdeki tripan mavisi dökülerek laktik asit ilave edilmiştir. Daha sonra bitki kökleri petri kutusuna boşaltılmıştır (Boyanan bitki kökleri 1 cm uzunluğunda kesilmiş ve lam üzerine her lamele 10 kök gelecek şekilde dizilmiştir. 40-100 büyütme ile kökler mikroskop altında incelenmiştir.(Giovanetti ve Mosse, 1980).

Pratik olarak % kök infeksiyonu aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\% \text{ infeksiyon} = 100 * \text{toplam mikorizalı kök} / \text{toplam kök sayısı}.$$

3.2.6. Arazide Toprak Solunumu

Toprak solunumu 1 yıl boyunca her ay düzenli olarak yapılmıştır. 50 ml'lik cam beherlere, 10 ml doygun Ba(OH)₂ konur, yarıçapı bilinen 1000 ml'lik beherle hava almayacak şekilde üzeri kapatılır ve hem yüzey hem de toprak sıcaklığı belirlenir. Burada prensip, yarıçapı bilinen yüzey alanından çıkan CO₂' nin Ba(OH)₂ tarafından tutulmasıdır. 1 saat sonra Ba(OH)₂'den 2 ml alınarak 50 ml'lik cam beherlere aktarılır, üzerine 1 damla Fenolftalein eklenir ve çözelti rengi pembeleşir. Daha sonra titrasyon işlemi yapılır. Titrasyonda bürete N/22'lik Oksalik asit doldurularak örnek titre edilir. Çözelti pembeden beyaz renge döndüğü anda titrasyon işlemi tamamlanmış olur ve kullanılan oksalik asit miktarı not edilir (Schaefer, 1967).

Toprak Solunumunun Hesaplanması

Kullandığımız plastik beherin yarıçapı 5.5 cm

$$\text{Yüzey Alanı: } \mu.r^2 = 3.14*(5.5)^2 = 95.03 \text{ cm}^2$$

95.03 cm² alanda A kadar fark varsa

100 cm² alanda 1.053A vardır.

100 cm² de 1.053A ise 1 m² de 105.3A vardır.

Titrasyonda 10 ml Ba(OH)₂ den 2 ml kullanıldığı için seyreltme faktörü (SF) 5' dir.

CO₂ değeri 0,2727 ile çarpılarak karbondioksit karbonu C(CO₂) bulunur.

1 m² de 1 günde tutulan g C(CO)₂ miktarı (g C m⁻² gün⁻¹)

$$\frac{105,3A \times SF \times 24 \times 0,2727}{1000}$$

3.2.7. Dehidrogenaz Aktivitesi Tayini

Dehidrogenaz aktivitesi için 10 g fırın kuru toprak eşdeğeri ıslak toprak alınıp 25x250 mm'lik tüplere konulmuştur. Üzerlerine 10'ar ml tris tamponu içinde çözülmüş % 0,8'lik TTC konulmuş ve iyice karıştırılmıştır. Tüplerin ağzı kapatılarak 30 °C de 24 saat bekletilmiştir. İnkübatörden çıkarılan tüplere reaksiyonun önlenmesi ve oluşan trifenil formazan'ın ekstraksiyonu için 50'şer ml ekstraksiyon çözeltisi konulmuştur. Tüpler, karanlıkta (TTC'nin rengini kaybetmemesi için) 2 saat bekletilip yarı aydınlık bir yerde mavi bant filtreden süzölmüştür. Işıktaki fazla beklemeden oluşan trifenil formazan'ın renk intensitesi 546 nm dalga boyunda, ekstraksiyon çözeltisi karşısında spektrofotometrede okunmuştur (Thalman, 1967).

3.2.8. Karbon ve Azot Analizi

Toprakların Azot (N) ve Karbon (C) içeriği ile C/N oranı belirlenmiştir. Azot ve Karbon analizi kuru yakma yöntemine göre Grant ve ark (2001),'in belirttikleri teknikle LECO-Truspec Cn-2000 Karbon-Azot tanımlatıcı ile belirlenmiştir.

3.2.9. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

pH-Tuz : Toprak reaksiyonu ve elektriksel geçirgenlik doygunluk çamurunda pH-metre ve Wheatstone köprüsü (Schlichting ve Blume, 1966) ile belirlenmiştir.

Kireç : Yetiştirme ortamında bulunan toprağın kireç içeriği Scheibler kalsimetresi ile ölçülerek sonuçlar % CaCO_3 olarak hesaplanmıştır (Çağlar, 1949).

Organik Madde : Modifiye Walkley- Black yöntemine göre belirlenerek sonuçlar % olarak hesaplanmıştır (Black, 1957).

Bünne : Toprakta tekstür tayini Bouyoucos (1951),’a göre belirlenmiştir.

Fosfor : Yarayışlı fosfor Olsen (1954),’e göre belirlenmiştir.

Potasyum: Yarayışlı potasyum, 1 N Amonyum Asetat (pH=7) yöntemi (Kaçar, 1984) ile belirlenmiştir.

Mikroelementler (Fe, Mn, Zn, Cu) : Yarayışlı mikroelementler (Fe, Mn, Zn, Cu) Lindsay ve Norvell (1978),’e göre belirlenmiştir.

3.2.10. İstatistiksel Analizler

Çalışmada farklı yaş grubuna ait varyantlar ANOVA testi ile varyans analizine tabii tutulmuştur. Farklı yaş grupları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıklar da Tukey testi ile belirlenmiştir.

Araştırma bulguları ve ölçülen bütün değişkenler istatistikî analiz için SPSS 17.0 for Windows paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Toprakların azot, karbon, spor sayısı ve dehidrogenaz aktiviteleri farklı yaş gruplarında ve her analiz dönemine göre korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon değerleri $p < 0.05$ önem düzeyinde belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mikoriza mantarları ve bitki köklerinin toplam karbon absorbe etme kapasitesinin belirlenmesi amacıyla Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü Karabucak Orman İşletme Şefliğinin Fehmi Güresin Ormanında 5, 7 ve 10 yaşındaki okaliptüs topluluğu, tarım yapılan ve doğal hayata bırakılmış alanlarda yürütülmüş olan denemede bitki kök gelişimi, toprakta mikoriza spor sayısı, CO₂ salınımı, karbon, azot içerikleri ve dehidrogenaz aktivitesi ölçülmüş, bulgular aşağıda belirtilmiştir.

4.1. Farklı Dönemlere Ait Mikorizal Spor Potansiyeli

Amaca uygun olarak yıl boyunca her üç ayda bir (dört farklı dönemde) uygulama alanlarından 0-20 ve 20-40 cm derinliklerinden alınan toprak örneklerinde spor sayılarına ait veriler Çizelge 4.1’de belirtildiği gibidir.

Araştırma bulguları, bitki köklerinin yoğun olduğu 0-20 cm derinliğinde spor sayılarının yüksek olduğu, diğer taraftan 20-40 cm derinliğinde kök yoğunluğunun azalmasına bağlı olarak mikoriza spor sayılarının da azaldığı belirlenmiştir. Deneme varyantlarından olan tarım yapılan alanda spor sayısı düşük düzeyde iken, tarım yapılmayan doğal alanda daha çok spor sayısı belirlenmiştir.

Araştırma bulgularına göre birinci dönemde (1) 0-20 cm`den alınan toprak örneklerinde en yüksek spor sayısı 43 spor/10 g toprak ile 5 yaşın kesilip sürülmemiş parselinde (S2), en düşük spor sayısı ise 19 spor/10 g toprak ile tarım yapılan alanda belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek spor sayısı 31 spor/10 g toprak ile 7 yaşın S1 parselinde, en düşük spor sayısı ise 9 spor/10 g toprak ile yine tarım alanında belirlenmiştir.

İkinci dönemde (2) 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde 1. toprak örneklemesine benzer şekilde en yüksek spor sayısı 36 spor/10 g toprak ile 5 yaşın kesilip sürülmemiş parselinde (S2), en düşük spor sayısı ise 11 spor/10 g toprak ile tarım alanında belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek spor sayısı 22 spor/10 g toprak ile doğal alanda ve bunu takiben 21 spor/10 g toprak ile 5 yaşın S2

parselinde belirlenmiş ve istatistikî olarak önemli grubunda olduğu tespit edilmiştir. En düşük spor sayısı ise 6 spor/10 g toprak ile tarım alanında belirlenmiştir.

Üçüncü dönemde (3) 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde en yüksek spor sayısı 59 spor/10 g toprak ile 10 yaşın müdahale edilmemiş parselinde (S3), en düşük spor sayısı ise 11 spor/10 g toprak ile yine tarım alanında belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek spor sayısı 36 spor/10 g toprak ile 10 yaşın S3 parselinde, en düşük spor sayısı ise 10 spor/10 g toprak ile tarım alanı ve 7 yaşın S2 parselinde görülmüştür.

Dördüncü dönemde (4) 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde en yüksek spor sayısı 42 spor/10 g toprak ile 10 yaşın S2 parselinde en düşük spor sayısı ise 9 spor/10 g toprak 7 yaşın S2 parselinde görülmüştür. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek spor sayısı 36 spor/10 g toprak ile 10 yaşın S1 parselinde, en düşük spor sayısı ise 7 spor/10 g toprak ile 7 yaşın S2 ve 7 yaşın S3 parsellerinde belirlenmiştir.

Toprakta bulunan doğal mikoriza sporlarının beklenildiği gibi 0-20 cm arasında daha fazla, 20-40 cm derinliğinde ise daha az olduğu belirlenmiştir. Genelde 10 yaş grubu bitkilerinin bulunduğu topraklarda mikoriza spor sayısı, 5 ve 7 yaşındaki bitkilerin bulunduğu alanlardan daha fazladır(Çizelge 4.1). Bunun okaliptüs bitkisinin yaşının ilerledikçe daha fazla yan ve kılcal kök sistemi ve buna bağlı olarak daha fazla mikoriza sporu oluşturmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca 10 yaş grubunun orman alanlarında doğal bitki örtüsü daha uzun süreli kaldığı için spor sayısı da artmış olabilir. Campos ve ark (2011), Brezilya koşullarında 2002 yılında yaptıkları çalışmada, farklı yaşlarda ve farklı uygulamalar yapılmış okaliptüs ağaçlarında ortalama 38 spor/10 gr toprak olduğunu belirlemişlerdir.

Farklı dönemlerde tarım alanındaki spor sayıları incelendiğinde en yüksek spor sayısı 25 spor/10 g toprak ile 4. dönem toprak örneklerinin 0-20 cm derinliğinde iken, en düşük spor sayısı ise 6 spor/10 g toprak ile 2. dönem 20-40 cm derinliğinde belirlenmiştir.

Doğal alanda ise en yüksek spor sayısı 60 spor/10 g toprak ile 3. toprak örneklerinin 0-20 cm derinliğinde, en düşük spor sayısı ise 22 spor/10 g toprak ile 2. toprak örneklerinin 20-40 cm derinliğinde belirlenmiştir. Benzer şekilde Çelik ve ark

(2011), tarla koşullarında farklı toprak işleme teknikleri ile yaptıkları çalışmada toprak işleme yapılmayan alanlarda arbüsküler mikoriza mantarı sayısında artışlar olduğunu rapor etmişlerdir.

Örnekleme zamanlarına göre topraktaki spor sayıları bakımından genel ortalamalar değerlendirildiğinde 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde en yüksek spor sayısının 36 spor/10 g toprak ile 3. toprak örneklerinde (Nisan 2010) olduğu, en düşük spor sayısı ise 24 spor/10 g toprak ile 2. toprak örneklerinde (Ocak 2010) olduğu belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek spor sayısı 23 spor/10 g toprak ile 3. toprak örneklerinde, en düşük spor sayısı ise 15 spor/10 g toprak ile 2. toprak örneklerinde belirlenmiştir. Sıcaklık arttıkça ve nem koşulları uygun oldukça spor oluşumu arttığından bu sonuç beklenen bir durumdur. Schenck ve Schroder (1974), optimum mikoriza gelişimi ve oluşumunun 30 °C`de olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca aynı araştırmada en fazla hif oluşumu ve yüzey alanının 28-34 °C arasında olduğu belirlenmiştir (Bagyaraj, 1991). Ayrıca topraklardaki spor sayısı ve yoğunluğunun çevresel faktörlere bağlı olarak da değiştiği Smith ve Read (2008), tarafından rapor edilmiştir. Oehl ve ark (2009), ekolojik tarım yapılan alanlarda mikoriza spor sayısı ve çeşitliliğinin arttığını belirlemişlerdir. Aynı şekilde (Becerra ve ark, 2011) Arjantin`de genç orman alanlarında mikoriza sporlarının dinamiğinin mevsimlere bağlı olarak değiştiğini belirtmişlerdir.

Çizelge-4.1.1. Farklı yaşlardaki okaliptüs bitkisi ve farklı tarım topraklarındaki spor sayısı (spor sayısı 10^{-3} g⁻¹ toprak)

Yaş	1. Toprak Örnekleri			2. Toprak Örnekleri			3. Toprak Örnekleri			4. Toprak Örnekleri		
	0-20cm	20-40cm		0-20cm	20-40cm		0-20cm	20-40cm		0-20cm	20-40cm	
Uyg.	(spor sayısı 10^{-3} g ⁻¹ toprak)											
5	S1	26 ±3.2ab	11 ±2.1c	21 ±1.1bc	11 ±3.0ab	27 ±8.1cd	22 ±7.4ab	18 ±5.7a-c	16 ±7.9bc			
	S2	43 ±6.8a	17 ±4.3a-c	36 ±2.1a	21 ±9.6a	48 ±12.8ab	22 ±4.7ab	35 ±5.5a-c	21 ±3.1a-c			
	S3	29 ±5.5ab	13 ±1.5bc	25 ±1.5ab	13 ±3.6ab	41 ±9.3a-c	35 ±6.1ab	41 ±4.2ab	33 ±3.5ab			
7	S1	29 ±8.6ab	31 ±16.5a	22 ±4.6bc	19 ±7.0ab	18 ±1.5d	19 ±12.3ab	15 ±1.1bc	13 ±4.1c			
	S2	34 ±6.1ab	18 ±2.5a-c	19 ±1.0bc	19 ±4.0ab	16 ±2.0d	10 ±1.5b	9 ±1.5c	7 ±1.5c			
	S3	38 ±11.2ab	15 ±3.8a-c	30 ±7.0ab	13 ±1.7ab	22 ±2.8cd	11 ±0.58ab	13 ±0.0c	7 ±1.5c			
10	S1	29 ±8.2ab	13 ±1.5bc	26 ±3.4ab	12 ±2.5ab	38 ±9.3bc	21 ±2.0ab	41 ±24.2a	36 ±14.0a			
	S2	26 ±9.5ab	11 ±1.0c	23 ±8.7c	12 ±3.8ab [*]	55 ±8.1ab	33 ±15.1ab	42 ±12.5a	35 ±13.4ab			
	S3	30 ±6.3ab	14 ±3.8bc	26 ±6.4ab	13 ±4.0ab	59 ±4.0a	36 ±19.3a	22 ±3.6a-c	19 ±2.5a-c			
Tarım-A.	19 ±0.0b	9 ±0.0c	11 ±0.0c	6 ±0.0c	22 ±0.0a	11 ±0.0d	10 ±0.0b	25 ±0.0a-c	20 ±0.0a-c			
Doğal-A.	31 ±0.0ab	28 ±0.0ab	26 ±0.0ab	22 ±0.0a	60 ±0.0a	32 ±0.0ab	39 ±0.0ab	26 ±0.0a-c	26 ±0.0a-c			
Genel-Ort.	30	16	24	15	36	23	27	21				

1. Dönem Ekim 2009-2. Dönem Ocak 2010-3. Dönem Nisan 2010-4. Dönem Temmuz 2010

4.2. Mikorizal Kök İnfeksiyonu

Araştırmada farklı yaşlardaki ve farklı uygulamalar yapılmış okaliptüs bitkilerindeki mikorizal kök infeksiyon değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Her 3 yaş grubunda da mikorizal kök infeksiyon değerleri düşük düzeydedir. En yüksek kök infeksiyonu 7 yaş grubunda müdahale edilmemiş parselin (S3) 20-40 cm derinliğinde % 50, en düşük kök infeksiyonu ise 5 yaş grubunda müdahale edilmemiş parselin (S3) 0-20 cm derinliğinde ve 10 yaş grubunun kesilip sürülmüş parselinin (S1) 20-40 cm derinliğinde % 0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Farklı yaşlardaki okaliptüs bitkilerinde mikorizal kök infeksiyonu (%)

Yaş	Uygulamalar	Derinlik (cm)	Kök infeksiyonu (%)
5	S1	0-20	20 ±10 b-d
		20-40	20 ±0.0 b-d
	S2	0-20	20 ±10 b-d
		20-40	20 ±0.0 b-d
	S3	0-20	0 ±0.0 d
		20-40	40 ±10 ab
7	S1	0-20	20 ±0.0 b-d
		20-40	20 ±10 b-d
	S2	0-20	40 ±10 ab
		20-40	20 ±0.0 b-d
	S3	0-20	20 ±10 b-d
		20-40	50 ±10 a
10	S1	0-20	30 ±0 0a-c
		20-40	0 ±0.0 d
	S2	0-20	20 ±0.0 b-d
		20-40	10 ±10 cd
	S3	0-20	10 ±0.0 cd
		20-40	40 ±10 ab

Campos ve ark (2011), Brezilya koşullarında 2002 yılında yaptıkları çalışmada farklı yaşlarda ve farklı uygulamalar yapılmış okaliptüs ağaçlarında ortalama % 26 mikorizal kök enfeksiyonu olduğunu belirlemişlerdir.

4.2.1. Kesilip Sürülmemiş Parsellerdeki (S2) Bitkilerin Dikey ve Yatay Boyutta Kök Enfeksiyon Dağılımı

Kesilen ve kesilmeyen okaliptüs bitkilerinin kök enfeksiyonunu belirlemek amacıyla; kesilip sürülmemiş parsellerden (S2) ve müdahale edilmemiş parsellerden (S3) birer ağaç belirlenmiş ve bu ağaçların her bir yönünde (Kuzey, Güney, Doğu, Batı) 50, 100 ve 150 cm uzaklıktan kök örnekleri alınarak kök enfeksiyonu belirlenmiştir.

Arazide hidrolik toprak örneği alma aleti ile toprak örnekleri 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerinden alınmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Farklı derinliklerden toprak örneği alınması

Her 3 yaş grubunda da kesilip sürülmemiş parsellerden (S2) bir ağaç seçilmiş ve bu ağacın kuzey-güney-doğu ve batı yönlerinde 0-50, 50-100 ve 100-150 cm mesafelerden alınan kök örneklerinde mikorizal enfeksiyon belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Genelde 7 yaş grubundaki bitkilerin enfeksiyon değerleri, diğer yaş gruplarına göre daha yüksek bulunmuştur. 5 ve 10 yaştaki bitkilerin kök enfeksiyon değerleri

düşük düzeyde olup birbirine yakın infeksiyon oranları tespit edilmiştir. En yüksek mikorizal kök infeksiyonunun % 90 ile 7 yaş grubunda, batı yönünde, 50-100 cm mesafede ve 20-40 cm derinlikte olduğu belirlenmiştir. Genelde okaliptüs bitkileri 0-30 cm derinliğinde yaygın olarak kök bulundurduğundan doğal olarak kök bölgesinden uzakta ince canlı köklerin olabileceği beklenen 100-150 cm aralığında kök infeksiyonu belirlenmiştir. Bitki merkezi kök-gövde silindirine yakın bölgede fazla kılcal kök olamayacağı için kökten uzak bölgelerde mikorizal infeksiyonun bulunmasının doğal karşılanabileceği düşünülmektedir.

S2 parselinin mesafelere bağlı olarak kök infeksiyon değerleri genel ortalamalar bakımından incelendiğinde S3 parselinde olduğu gibi en yüksek kök infeksiyonu kök boğumundan 50-100 cm uzaklıkta belirlenmiştir (% 25).

4.2.2. Müdahale Edilmemiş Parsellerdeki (S3) bitkilerin Dikey ve Yatay Boyutta Kök İnfeksiyon Dağılımı

Her 3 yaş grubunda da müdahale edilmemiş parsellerden (S3) bir ağaç seçilmiş ve bu ağacın kuzey-güney-doğu ve batı yönlerinde 0-50, 50-100 ve 100-150 cm mesafelerden alınan kök örneklerinde mikorizal kök infeksiyonu belirlenmiştir (Çizelge 4.4). En yüksek kök infeksiyonu 5 yaş grubunun kuzey yönünün 0-20 cm derinliğinin 50-100 cm mesafesinde % 70 olarak belirlenmiştir. Diğer kök infeksiyon değerleri ise birbirine yakındır. Santos ve ark (2001), Brezilya koşullarında farklı okaliptüs türleri ile yaptıkları çalışmada *Eucalyptus camaldulensis* türünde en yüksek arbüsküler mikoriza kök infeksiyonu olduğunu tespit etmişlerdir. Pagano ve Scotti (2008), Brezilya koşullarında *E. camaldulensis* türünde mevsimsel dönemlere bağlı olarak % 23 ile %55 oranında mikorizal kök infeksiyonu olduğunu tespit etmişlerdir.

Genel ortalamalar S3 parselinin mesafelere bağlı olarak kök infeksiyonu bakımından değerlendirildiğinde, en yüksek kök infeksiyonunun % 22 ile kök boğumundan 50-100 cm uzaklıkta olduğu belirlenmiştir. Bunu takiben % 20 ve % 16 ile sırasıyla 0-50 cm ve 100-150 cm uzaklıkta mikorizal kök infeksiyonu belirlenmiştir.

Genelde bitki kök yoğunluğu merkezi silindirden biraz dışarıya doğru arttığı ve bitkinin taç izdüşümünün dışına çıkınca da kök infeksiyonunun azaldığı görülmektedir. Bitki türlerine bağlı olarak bitkilerin kök gelişimi genelde ağaç tacının etki ettiği alana kadar gelişmektedir.

Çizelge 4.3. Farklı yaşlardaki okaliptüs bitkilerinin kesilip sürülmemiş (S2) parselinde derinliğe bağlı kök infeksiyonu (%)

Kök infeksiyonu (%)						
Yaş	Uyg.	Yön	Derinlik(cm)	Kök boğumundan uzaklığı (cm)		
				0-50cm	50-100cm	100-150cm
5	S2	K*	0-20	30	40	0
			20-40	10	0	0
		G	0-20	0	0	20
			20-40	0	30	10
		D	0-20	10	10	20
			20-40	20	10	20
		B	0-20	0	30	10
			20-40	10	0	0
7	S2	K	0-20	0	30	40
			20-40	20	20	20
		G	0-20	60	60	20
			20-40	10	10	10
		D	0-20	40	50	70
			20-40	30	70	10
		B	0-20	50	70	50
			20-40	50	90	30
10	S2	K	0-20	40	0	0
			20-40	10	10	0
		G	0-20	40	20	0
			20-40	20	10	10
		D	0-20	0	30	0
			20-40	10	0	10
		B	0-20	30	0	20
			20-40	10	10	10
Genel Ortalama				21	25	15

Çizelge 4.4. Farklı yaşlardaki okaliptüs bitkilerinin müdahale edilmemiş (S3) parselinde derinliğe bağlı kök infeksiyonu (%)

Kök infeksiyonu (%)						
Yaş	Uyg.	Yön	Derinlik(cm)	Kök boğumundan uzaklığı (cm)		
				0-50 cm	50-100 cm	100-150 cm
5	S3	K	0-20	20	70	50
			20-40	20	40	50
		G	0-20	30	10	10
			20-40	10	20	20
		D	0-20	30	30	30
			20-40	30	20	10
		B	0-20	40	30	20
			20-40	10	0	20
7	S3	K	0-20	0	40	30
			20-40	20	20	0
		G	0-20	20	20	0
			20-40	10	0	0
		D	0-20	20	10	30
			20-40	0	0	30
		B	0-20	0	30	40
			20-40	10	10	30
10	S3	K	0-20	10	20	0
			20-40	10	40	10
		G	0-20	20	20	10
			20-40	20	40	10
		D	0-20	20	20	30
			20-40	10	0	20
		B	0-20	20	30	20
			20-40	10	10	10
Genel Ortalama				16	22	20

*K (Kuzey), G (Güney), D (Doğu), B (Batı)

4.3. Toprak Solunumu Değerleri

Toprak solunum değerleri bir yıl boyunca her ay düzenli olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.5).

Yıllık ortalama solunum değerlerinin her 3 yaş grubunda da müdahale edilmeyen parsellerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5). 5 yaş grubu okaliptüs ortamında S1 uygulamasında en düşük karbon solunum değeri Şubat 2010'da $0.46 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ en yüksek solunum değeri ise Haziran 2010'da $1.37 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Van Groenigen ve ark (2010), farklı toprak işleme teknikleri üzerine yaptıkları çalışmada, azaltılmış toprak işleme teknikleri uygulanmış topraklarda mikrobiyal aktivitenin azaldığını rapor etmişlerdir. S2 uygulamasında en düşük karbon solunum değeri Kasım 2009'da ve Şubat 2010'da $0.63 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$, en yüksek değer de Haziran 2010'da $1.43 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. S3 uygulamasında en düşük ve en yüksek karbon salınım değerleri sırasıyla Kasım 2009'da ve Ekim 2010'da $0.69 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ve Eylül 2010'da $2.64 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olarak ölçülmüştür.

Genelde 5 yaşındaki okaliptüs bitkilerinin S1, S2 ve S3 uygulamalarındaki karbon solunum değerleri, 7 ve 10 yaş grubu bitkilerin yetiştiği ortama göre daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir.

Tarım yapılan alandaki solunum değerleri de aylar itibarı ile ölçülmüştür. Tarım alanlarındaki solunum değerleri diğer yaş grubundaki bitkilere göre daha düşük bulunmuştur. Bunun bitkilerin ekim zamanı, toprak işleme, sulama ve gübreleme sürelerinin farklı olması gibi nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çelik ve ark (2011), tarla koşullarında farklı toprak işleme teknikleri ile yaptıkları çalışmada, en yüksek toprak solunumunun toprak işlemez ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerinde olduğunu rapor etmişlerdir.

Genelde topraktan CO_2 emisyonu toprak yönetimi ve organik madde miktarına göre değişmektedir. Orman ekosisteminde organik maddenin daha fazla olması nedeniyle doğal olarak biyolojik aktivitenin fazla olması ve buna bağlı olarak toprak solunumunun daha yüksek ölçülmesi beklenmektedir.

Genel ortalamalar toprak solunumu açısından aylara göre değerlendirildiğinde en yüksek solunum değeri $1.48 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ile Mayıs, Temmuz ve Eylül 2010`da, en düşük solunum değeri ise  $0.69 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$  ile Şubat 2010`da görülmüştür. Bunun nedeni kış aylarında sıcaklığa bağlı olarak mikroorganizma faaliyetinin azalmasıdır. Lellei-Kovacs ve ark (2011), yarı kurak kumlu orman-bozkır topraklarında yaptıkları çalışmada toprak solunumu değerlerinin çok düşük düzeyde olduğunu ve bu değerlerin ortalama olarak $0.34\text{-}0.39 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Benzer bir şekilde Raich ve Schlesinger (1992), yaptıkları çalışmada maki bitki örtüsünde bulunan topraktaki solunum değerinin $0.61 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olduğunu rapor etmişlerdir. Frank ve ark (2002), akışın arttığı sezonda ise kuzeyde yarı kurak otlak bölgelerde ortalama solunum değerinin $1.99 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ 'e kadar yükseldiğini belirlemişlerdir. Acs ve Breuer (2006), Macar ovası orman bozkır bölgesinde kumlu toprak için hesaplanan en düşük solunum değerinin $1.04\text{-}1.10 \text{ g C m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Kışın düşük toprak sıcaklıkları, yazında düşük toprak nemi toprak solunumunu kısıtlayan önemli ekolojik faktörler olarak bildirilmektedir (Kowalenko ve ark, 1978). Orman ekosistemlerinde CO_2 'in en büyük kaybı toprak yüzeyinden CO_2 olarak C akışıdır (Jansen ve ark, 2001) .

Topraklardan üretilen CO_2 'in çok büyük miktarı ($2/3$ 'ünü) toprak canlıları (toprak faunası ve mikroflora), bir kısmı da ($1/3$ 'ü) bitki kökleri tarafından üretilmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997). Kışın mikrobiyal aktivitenin düşük olduğu gibi, bitki kök bölgesi aktivitesi de düşük olacağı için doğal olarak CO_2 salınımı düşük olacaktır.

Çizelge 4.5. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs, tarla ve doğal alan topraklarında solumun değerleri ($\text{g} \cdot \text{C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{gün}^{-1}$)

Yaş	Uygulamalar	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan
5	S1	1.15 ±0.29a	0.80 ±0.22a	0.69 ±0.19b-d	0.80 ±0.11bc	0.46 ±0.11a	0.92 ±0.22b-d	0.75 ±0.22a
	S2	1.21 ±0.19a	0.63 ±0.40a	1.32 ±0.11ab	0.92 ±0.11ab	0.63 ±0.11a	1.09 ±0.11a-d	0.86 ±0.38a
	S3	1.43 ±0.59a	0.69 ±0.00a	1.03 ±0.38a-d	0.80 ±0.11bc	0.76 ±0.52a	1.26 ±0.11a-c	1.04 ±0.24a
7	S1	2.24 ±1.68a	0.80 ±0.22a	0.40 ±0.22d	0.46 ±0.11d	0.40 ±0.29a	1.26 ±0.22a-c	1.02 ±0.71a
	S2	1.49 ±0.11a	0.73 ±0.29a	1.09 ±0.11a-d	0.63 ±0.11cd	0.46 ±0.11a	1.61 ±0.44a	0.73 ±0.46a
	S3	1.95 ±1.10a	1.26 ±0.22a	1.15 ±0.55a-c	0.86 ±0.00bc	0.71 ±0.16a	1.49 ±0.29ab	0.89 ±0.15a
10	S1	1.26 ±0.11a	1.18 ±0.15a	1.43 ±0.11a	0.69 ±0.00b-d	0.69 ±0.19a	0.57 ±0.22d	1.21 ±0.00a
	S2	1.38 ±0.33a	0.88 ±0.35a	1.43 ±0.22a	0.75 ±0.11bc	0.80 ±0.22a	0.80 ±0.22cd	0.86 ±0.00a
	S3	1.38 ±0.00a	0.92 ±0.59a	1.32 ±0.22ab	1.15 ±0.11a	0.92 ±0.22a	0.92 ±0.22b-d	0.69 ±0.33a
Tarım Alanı		0.75 ±0.11a	0.80 ±0.39a	1.43 ±0.22a	0.75 ±0.11bc	0.86 ±0.19a	0.80 ±0.22cd	0.69 ±0.19a
Doğal Alan		0.92 ±0.22a	0.57 ±0.11a	0.52 ±0.19cd	0.80 ±0.11bc	0.92 ±0.22a	0.69 ±0.00cd	0.98 ±0.22a
Genel Ortalama		1.38	0.84	1.07	0.78	0.69	1.04	0.88

Çizelge-4.5. (Devamı)

Yaş	Uygulamalar	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
					$\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{gün}^{-1}$			
5	S1	0.92 $\pm$ 0.22-d	1.37 $\pm$ 0.16-ab	1.03 $\pm$ 0.19-d	1.32 $\pm$ 0.29-a-c	1.26 $\pm$ 0.11-b-e	0.80 $\pm$ 0.29-bc	1.26 $\pm$ 0.22-cd
	S2	0.75 $\pm$ 0.22-d	1.43 $\pm$ 0.11-ab	1.09 $\pm$ 0.22-cd	0.86 $\pm$ 0.19-c	1.38 $\pm$ 0.19-b-e	0.75 $\pm$ 0.29-c	0.86 $\pm$ 0.19-de
	S3	1.03 $\pm$ 0.19-cd	1.15 $\pm$ 0.22-ab	1.95 $\pm$ 0.29-a	1.43 $\pm$ 0.11-a-c	2.64 $\pm$ 0.11-a	0.89 $\pm$ 0.19-c	1.43 $\pm$ 0.11-bc
7	S1	1.72 $\pm$ 0.38-b	1.43 $\pm$ 0.11-ab	1.21 $\pm$ 0.00-cd	1.09 $\pm$ 0.4-bc	1.95 $\pm$ 0.11-a-c	0.98 $\pm$ 0.11-bc	1.89 $\pm$ 0.19-ab
	S2	2.07 $\pm$ 0.19-ab	1.55 $\pm$ 0.19-ab	1.38 $\pm$ 0.19-b-d	1.09 $\pm$ 0.22-bc	1.38 $\pm$ 0.19-b-e	0.92 $\pm$ 0.22-bc	1.61 $\pm$ 0.11-bc
	S3	2.35 $\pm$ 0.11-a	1.55 $\pm$ 0.38-ab	1.84 $\pm$ 0.11-ab	1.78 $\pm$ 0.11-ab	2.24 $\pm$ 0.19-ab	1.95 $\pm$ 0.11-a	2.35 $\pm$ 0.11-a
10	S1	1.61 $\pm$ 0.22-bc	1.26 $\pm$ 0.11-ab	0.92 $\pm$ 0.11-d	1.80 $\pm$ 0.63-ab	1.19 $\pm$ 0.84-c-e	1.61 $\pm$ 0.11-ab	1.32 $\pm$ 0.11-cd
	S2	1.95 $\pm$ 0.22-ab	0.98 $\pm$ 0.11-b	1.61 $\pm$ 0.11-a-c	1.03 $\pm$ 0.00-c	1.74 $\pm$ 0.84-a-d	1.38 $\pm$ 0.77-a-c	1.09 $\pm$ 0.11-c-e
	S3	2.18 $\pm$ 0.11-ab	1.66 $\pm$ 0.11-a	2.12 $\pm$ 0.22-a	1.95 $\pm$ 0.29-a	1.15 $\pm$ 0.11-c-e	1.95 $\pm$ 0.40-a	1.55 $\pm$ 0.19-bc
	Tarım Alanı	0.92 $\pm$ 0.40-d	1.72 $\pm$ 0.00-a	1.89 $\pm$ 0.19-ab	1.78 $\pm$ 0.11-ab	0.80 $\pm$ 0.29-de	2.01 $\pm$ 0.22-a	1.61 $\pm$ 0.40-bc
	Doğal Alan	0.75 $\pm$ 0.11-d	1.21 $\pm$ 0.51-ab	1.26 $\pm$ 0.40-cd	1.32 $\pm$ 0.11-a-c	0.57 $\pm$ 0.11-e	1.26 $\pm$ 0.11-a-c	0.63 $\pm$ 0.29-e
	Genel Ortalama	1.48	1.39	1.48	1.40	1.48	1.30	1.42

4.4. Dehidrogenaz Aktivitesi

Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs ve farklı tarımsal alanlara ait toprakların dehidrogenaz aktiviteleri Çizelge 4.6’da belirtildiği gibidir.

Yıllık ortalama enzim aktiviteleri genelde düşüktür. Farklı dönemlerde tarım alanında en yüksek enzim aktivitesi 1511.7 mg TPF/10gkt ile ikinci dönem (2) toprak örneklerinin 0-20 cm derinliğinde, en düşük enzim aktivitesi ise 201.6 mg TPF/10gkt ile üçüncü dönem (3) toprak örneklerinin 20-40 cm derinliğinde belirlenmiştir. Doğal hayatta ise en yüksek enzim aktivitesi 378.4 mg TPF/10gkt ile ikinci dönem (2) topraklarının 0-20 cm derinliğinde, en düşük enzim aktivitesi ise 123.6 mg TPF/10gkt ile üçüncü dönem (3) toprak örneklerinin 20-40 cm derinliğinde belirlenmiştir.

Diğer yaş gruplarında ise enzim aktivitesi birbirine yakın düzeylerde olup düşük seviyededir (Çizelge 4.6).

Birinci dönem (1) örneklerinde 0-20 cm den alınan toprak örneklerinde en yüksek dehidrogenaz aktivitesi 892.7 mg TPF/10gkt ile tarım alanında, en düşük dehidrogenaz aktivitesi ise 223.4 mg TPF/10gkt ile 7 yaşın S1 parselinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek aktivite 547 mg TPF/10gkt ile tarım alanında, en düşük aktivite ise 178 mg TPF/10gkt ile 7 yaşın S1 parselinde belirlenmiştir.

İkinci dönem (2) örneklerinde 0-20 cm derinlikte en yüksek aktivite 1511.7 mg TPF/10gkt ile tarım alanında, en düşük aktivite ise 364.1 mg TPF/10gkt ile 7 yaşın S1 parselinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek aktivite 1166.2 mg TPF/10gkt ile tarım alanında, en düşük aktivite ise 157.1 mg TPF/10gkt ile 7 yaşın S1 parselinde belirlenmiştir.

Üçüncü dönem (3) örneklerinde 0-20 cm derinlikte en yüksek aktivite 1209.4 mg TPF/10gkt ile tarım alanında, en düşük aktivite ise 132.3 mg TPF/10gkt ile 10 yaşın S1 parselinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek aktivite 492.7 mg TPF/10gkt ile 10 yaşın S3 parselinde, en düşük aktivite ise 68.6 mg TPF/10gkt ile 7 yaşın S2 parselinde belirlenmiştir.

Dördüncü dönem (4) örneklerinde 0-20 cm derinlikte en yüksek aktivite 1171.4 mg TPF/10gkt ile tarım alanında, en düşük aktivite ise 259.6 mg TPF/10gkt ile 5 yaşın S3 parselinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek aktivite 671.9 mg TPF/10gkt ile tarım alanında, en düşük aktivite ise 128.7 mg TPF/10gkt ile 7 yaşın S2 parselinde belirlenmiştir.

Genel ortalamalar dehidrogenaz aktivitesi açısından değerlendirildiğinde 0-20 cm derinlikteki toprak örneklerinde en yüksek aktivitenin 747.4 mg TPF/10gkt ile 2. toprak örneklerinde (Ocak), en düşük aktivitenin ise 397 mg TPF/10gkt ile 3. toprak örneklerindedir (Nisan). 20-40 cm derinlikte ise en yüksek aktivite 545.7 mg TPF/10gkt ile 2. toprak örneklerinde, en düşük aktivite ise 204.2 mg TPF/10gkt ile 3. toprak örneklerinde belirlenmiştir. Araştırma bulguları daha önce Gök ve Onaç (1995), Hilvan ve Baziki ovalarının yaygın toprak serilerinin mikrobiyolojik özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında dehidrogenaz aktivitesinin 390–1595 µg TPF/10 gkt arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Ancak söz konusu Hilvan ve Baziki ovalarının organik maddenin Karabucak okalıptüs ormanlarının organik madde içeriklerinin düşük olması nedeniyle okalıptüs alanında enzim aktivitesinin biraz daha yüksek ölçülmesi beklenirdi.

Enzim aktivitesi, toprak örneğinin alındığı andaki mikrobiyolojik aktivitesinin bir göstergesi olarak (Aşkın ve ark 2004), kabul edilmektedir. Dönemler itibarı ile farklı sıcaklık ve nem rejimlerinde enzim aktivitesinin farklı olması genelde doğal bir süreç olarak kabul edilmektedir.

Çizelge 4.6. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs, turla ve doğağ-ı alan topraklarında dehidrogenaz aktiviteleri (mg TPF/10gkt)

Y. Uyg.	1. toprak-örnekleri°		2. toprak-örnekleri		3. toprak-örnekleri°		4. toprak-örnekleri		
	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	
mg-TPF/10gkt°									
5	1	515.1 ±23.7 b	252.5 ±121.1ab	784.3 ±315.9bc	280.9 ±62.9c	222.4 ±123.1cd	130.5 ±88.2b	434.1 ±59.0b-d	416.6 ±2.18a-c
	2	312.7 ±176.7b	194.0 ±134.1ab	451.6 ±385.8bc	224.1 ±125.4c	138.8 ±22.6d	260.7 ±20.3b	391.2 ±45.3cd	325.0 ±93.3b-d
	3	414.6 ±73.4b	197.3 ±94.5ab	929.9 ±453.5a-c	351.2 ±150.5bc	597.1 ±177.5bc	135.5 ±96.1b	259.6 ±20.0d	248.0 ±30.6b-d
7	1	223.4 ±213.9b	178.0 ±106.3b	364.1 ±133.1c	157.1 ±87.2c	306.0 ±280.6cd	254.8 ±24.4ab	746.8 ±378.9a-c	338.1 ±124.2b-d
	2	357.2 ±113.8b	212.9 ±69.7ab	731.8 ±364.1bc	734.1 ±254.6a-c	192.0 ±66.3d	68.6 ±20.1b	278.5 ±168.4d	128.7 ±45.8d
	3	352.5 ±87.5b	386.3 ±86.5ab	507.2 ±129.1bc	366.5 ±57.7bc	273.4 ±110.9cd	195.5 ±90.9ab	289.4 ±92.1d	184.0 ±50.2cd
10	1	494.7 ±230.4b	234.1 ±106.9ab	730.9 ±87.3bc	761.5 ±662.4a-c	132.3 ±82.5d	130.3 ±164.1b	418.1 ±95.8b-d	200.7 ±28.8cd
	2	342.0 ±58.9b	213.8 ±79.4ab	700.4 ±123bc	574.1 ±199.1a-c	321.7 ±114.6cd	252.5 ±200.4ab	845.7 ±145.3ab	634.8 ±137.1a
	3	472.4 ±134.5b	470.3 ±283.4ab	1132.0 ±148.9ab	1083.1 ±388.3ab	796.1 ±139.9b	492.7 ±262.7a	542.4 ±174.3b-d	508.3 ±227.5ab
Tarım-A.		892.7 ±0.0a	547.1 ±0.0a	1511.7 ±0.0a	1166.2 ±0.0a	1209.4 ±0.0a	201.6 ±0.0ab	1171.4 ±0.0a	671.9 ±0.0a
Doğal-A.		229.1 ±0.0b	373.2 ±0.0ab	378.4 ±0.0c	324.3 ±0.0bc	177.6 ±0.0d	123.6 ±0.0b	305.4 ±0.0d	233.4 ±0.0b-d
Genel-Ort.		418.8	296.3	747.4	545.7	397.0	204.2	516.6	353.6

4.5. Karbon ve Azot İçerikleri

Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs, tarla ve doğal alan topraklarında karbon (C) içerikleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Toprakların ortalama karbon (C) içerikleri % 1.12 ile % 6.56 arasında değişmektedir. En yüksek değerler 5 yaşındaki okaliptüs toprağında belirlenmiştir. Burada söz konusu yaş grubunun bulunduğu topraklardaki mikrobiyal faaliyetin diğer yaş gruplarına göre daha düşük olmasının etkisiyle toprakta daha fazla karbon biriktiği düşünülebilir. Toprağın geçmişteki uygulamaları ile de ortamda fazla organik karbon birikmiş olabilir.

1. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde en yüksek karbon değeri %2.93 ile 5 yaşın S2 parselinde, en düşük karbon değeri ise % 1.62 ile tarım alanında belirlenmiştir. İstatistiki olarak uygulamalar arasında fark bulunmamıştır. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek karbon değeri % 3.12 ile 5 yaşın S3 parselinde, en düşük karbon değeri ise % 1.13 ile 7 yaşın S2 parselinde belirlenmiştir.

2. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde en yüksek karbon değeri % 6.56 ile 5 yaşın S2 parselinde, en düşük karbon değeri ise % 2.48 ile 5 yaşın S1 parselinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek karbon değeri % 4.55 ile 5 yaşın S3 parselinde, en düşük karbon değeri ise % 2.25 ile 7 yaşın S3 parselinde belirlenmiştir.

3. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde en yüksek karbon değeri % 4.47 ile 10 yaşın S3 parselinde, en düşük karbon değeri ise % 1.63 ile tarla toprağında belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek karbon değeri % 4.55 ile 5 yaşın S3 parselinde, en düşük karbon değeri ise % 1.12 ile tarım alanında belirlenmiştir.

4. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde en yüksek karbon değeri % 4.06 ile 5 yaşın S2 parselinde belirlenirken, en düşük karbon değeri ise % 1.80 ile 7 yaşın S2 parselinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek karbon değeri % 5.00 ile 5 yaşın S3 parselinde belirlenirken, en düşük karbon içeriği ise % 1.72 ile 7 yaşın S2 parselinde belirlenmiştir.

Genel ortalamalar karbon değerleri açısından toprak örneklemelerine göre değerlendirildiğinde 0-20 cm derinlikte en yüksek karbon değeri % 3.83 ile 2. toprakta, en düşük karbon değeri % 2.33 ile 1. toprak örneklerinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise ortalama en yüksek karbon değeri % 3.21 ile 4. toprak örneklerinde, en düşük karbon değeri ise % 1.98 ile 1. toprak örneklerinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı yaş gruplarındaki okaliptis, tarla ve doğal alan topraklarında karbon (C) değerleri (%)

Yaş	Uyg.	1. Toprak-%OC		2. Toprak-%OC		3. Toprak-%OC		4. Toprak-%OC	
		0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm
1	2.32 ±0.78 a	2.46 ±0.77 ab	2.48 ±0.40 b	3.54 ±0.97 a	2.84 ±0.81 a-d	2.77 ±1.39 a-c	2.84 ±0.81 a-d	2.52 ±1.21 ab	2.66 ±0.48 b
2	2.93 ±0.13 a	2.99 ±0.07 a	6.56 ±2.82 a	2.93 ±0.41 a	2.93 ±1.20 a-c	3.34 ±0.11 a-c	2.93 ±1.20 a-c	4.06 ±0.42 ab	3.77 ±0.66 ab
5	2.50 ±1.10 a	3.12 ±0.09 a	4.40 ±1.34 ab	4.55 ±0.40 a	4.55 ±0.89 a	2.99 ±0.89 a-c	4.55 ±0.89 a	4.04 ±0.19 ab	5.00 ±1.36 a
1	2.02 ±0.08 a	1.23 ±0.17 c	3.09 ±1.10 ab	2.71 ±0.60 a	1.88 ±0.33 b-d	2.48 ±0.43 bc	1.88 ±0.33 b-d	2.31 ±0.85 ab	2.75 ±0.64 ab
2	2.23 ±0.71 a	1.13 ±0.32 c	2.63 ±0.83 b	2.44 ±1.32 a	1.64 ±0.38 cd	2.71 ±0.81 a-c	1.64 ±0.38 cd	1.80 ±0.52 b	1.72 ±0.40 b
3	1.79 ±0.18 a	1.22 ±0.28 c	3.04 ±0.38 ab	2.25 ±0.46 a	1.76 ±0.11 cd	2.18 ±0.35 bc	1.76 ±0.11 cd	3.33 ±1.37 ab	2.33 ±0.64 ab
1	2.62 ±0.41 a	1.62 ±0.32 bc	4.51 ±0.70 ab	2.73 ±1.66 a	2.73 ±0.55 a-c	2.77 ±0.47 a-c	2.73 ±0.55 a-c	3.70 ±0.21 a	2.92 ±0.45 ab
2	2.30 ±0.18 a	1.48 ±0.43 bc	5.02 ±1.42 ab	2.68 ±1.50 a	2.66 ±0.53 a-c	3.81 ±0.34 ab	2.66 ±0.53 a-c	3.97 ±1.73 a	3.75 ±2.04 ab
3	2.60 ±0.38 a	2.11 ±0.67 a-c	4.29 ±0.12 ab	3.59 ±0.07 a	3.59 ±0.07 ab	4.47 ±0.27 a	3.59 ±0.07 ab	3.88 ±0.82 ab	3.98 ±1.97 ab
Tarım-A.	1.62 ±0.01 a	1.44 ±0.03 bc	2.78 ±0.08 ab	2.67 ±0.07 a	1.12 ±0.34 d	1.63 ±0.66 c	1.12 ±0.34 d	3.23 ±0.83 ab	2.68 ±1.07 ab
Doğal-A.	2.75 ±0.02 a	2.97 ±0.03 a	3.40 ±0.77 ab	3.35 ±0.46 a	3.26 ±0.21 a-c	3.46 ±0.41 a-c	3.26 ±0.21 a-c	3.91 ±1.18 ab	3.76 ±0.72 ab
Ortalama	2.33	1.98	3.83	3.04	2.63	2.95	2.63	3.34	3.21

Çizelge 4.8. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs, tarla ve doğal alan topraklarında azot (N) değerleri (%)

Yaş	Uyg.	1. Toprak-%N		2. Toprak-%N		3. Toprak-%N		4. Toprak-%N	
		0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm
1	1	0.27 ±0.15 a-c	0.30 ±0.13 ab	0.22 ±0.05 bc	0.27 ±0.06 a-d	0.35 ±0.13 a	0.28 ±0.02 ab	0.25 ±0.09 a	0.26 ±0.12 ab
	2	0.30 ±0.01 ab	0.33 ±0.02 a	0.45 ±0.17 a	0.32 ±0.08 a	0.28 ±0.05 ab	0.28 ±0.05 ab	0.30 ±0.08 a	0.34 ±0.09 ab
	3	0.33 ±0.07 a	0.33 ±0.04 a	0.31 ±0.05 a-c	0.36 ±0.01 ab	0.28 ±0.05 ab	0.34 ±0.01 a	0.33 ±0.03 a	0.36 ±0.02 a
5	1	0.19 ±0.01 a-c	0.11 ±0.02 c	0.20 ±0.04 bc	0.21 ±0.01 cd	0.27 ±0.02 ab	0.25 ±0.02 b	0.21 ±0.04 a	0.21 ±0.03 ab
	2	0.17 ±0.02 c	0.09 ±0.01 c	0.21 ±0.02 bc	0.19 ±0.02 d	0.28 ±0.03 ab	0.22 ±0.02 bc	0.20 ±0.02 a	0.19 ±0.01 ab
	3	0.14 ±0.01 bc	0.15 ±0.04 bc	0.20 ±0.02 c	0.15 ±0.01 d	0.26 ±0.02 ab	0.23 ±0.01 bc	0.22 ±0.09 a	0.20 ±0.03 ab
7	1	0.23 ±0.07 a-c	0.12 ±0.06 c	0.30 ±0.03 a-c	0.23 ±0.10 a-d	0.20 ±0.01 ab	0.21 ±0.01 d	0.25 ±0.02 a	0.21 ±0.01 b
	2	0.20 ±0.01 a-c	0.15 ±0.04 bc	0.32 ±0.06 a-c	0.25 ±0.08 a-d	0.24 ±0.02 ab	0.22 ±0.04 cd	0.28 ±0.11 a	0.26 ±0.10 ab
	3	0.29 ±0.04 ab	0.22 ±0.08 a-c	0.36 ±0.02 ab	0.28 ±0.01 a-c	0.32 ±0.05 a	0.27 ±0.01 b	0.26 ±0.08 a	0.30 ±0.05 ab
Tarlal-A.		0.17 ±0.02 a-c	0.16 ±0.01 bc	0.20 ±0.01 bc	0.21 ±0.01 cd	0.15 ±0.01 b	0.13 ±0.01 d	0.21 ±0.02 a	0.20 ±0.03 ab
Doğal-A.		0.21 ±0.01 a-c	0.24 ±0.01 a-c	0.27 ±0.02 bc	0.28 ±0.01 b-d	0.27 ±0.01 ab	0.27 ±0.01 b	0.32 ±0.03 a	0.29 ±0.03 ab
Ortalama		0.23	0.20	0.28	0.25	0.26	0.25	0.26	0.26

Deneme alanında toprakların azot (N) analizleri de yapılmıştır. 1. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikte en yüksek azot değeri % 0.33 ile 5 yaştan S3 parselinde, en düşük azot değeri ise % 0.14 ile 7 yaştan S3 parselinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek azot değeri % 0.33 ile 5 yaştan S2 ve 5 yaştan S3 parsellerinde, en düşük azot ise % 0.09 ile 7 yaştan S2 parselinde belirlenmiştir.

2. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikte en yüksek azot değeri % 0.45 ile 5 yaştan S2 parselinde, en düşük azot değeri ise % 0.20 ile 7 yaştan S1 ile S3 parselinde ve tarım alanında belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte en yüksek azot değeri % 0.36 ile 5 yaştan S3 parselinde, en düşük azot değeri ise % 0.15 ile 7 yaştan S3 parselinde belirlenmiştir.

3. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikte en yüksek azot değeri % 0.35 ile 5 yaştan S1 parselinde, en düşük azot değeri ise % 0.15 ile tarım alanında belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte en yüksek azot değeri % 0.34 ile 5 yaştan S3 parselinde, en düşük azot değeri % 0.13 ile tarım alanında belirlenmiştir.

4. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikte en yüksek azot değeri % 0.33 ile 5 yaştan S3 parselinde, en düşük azot değeri ise % 0.20 ile 7 yaştan S2 parselinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte, en yüksek azot değeri % 0.36 ile 5 yaştan S3 parselinde, en düşük azot değeri % 0.19 ile 7 yaştan S2 parselinde belirlenmiştir.

Genel ortalamalar azot değerleri açısından toprak örneklerine göre değerlendirildiğinde 0-20 cm derinlikte en yüksek azot değerinin % 0.28 ile 2. toprak örneğinde olduğu, en düşük azot değerinin ise % 0.23 ile 1. toprak örneğinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte ise en yüksek azot değeri %0.26 ile 4. toprak örneklerinde, en düşük azot değeri % 0.20 ile 1. toprak örneklerinde belirlenmiştir.

Araştırma bulguları dönemsel olarak karşılaştırıldığında uygulamalar arasında mevsimsel farklılıktan kaynaklanan değişimlerin olduğu ve bu değişimlerin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir.

4.6. Karbon-Azot (C/N) Oranı

1. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikteki en yüksek C/N oranı 13.12 ile 7 yaştan S2 parselinde, en düşük C/N oranı ise 7.69 ile 5 yaştan S3 parselinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte, en yüksek C/N oranı 13.85 ile 10 yaştan S1 parselinde, en düşük C/N oranı ise 8.09 ile 5 yaştan S1 parselinde bulunmuştur.

2. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikte en yüksek C/N oranı 15.54 ile 10 yaştan S2 parselinde, en düşük C/N oranı 11.46 ile 5 yaştan S1 parselinde, 20-40 cm derinlikte, en yüksek C/N oranı 15.34 ile 7 yaştan S3 parselinde, en düşük C/N oranı ise 9.25 ile 5 yaştan S2 parselinde belirlenmiştir.

3. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikte en yüksek C/N oranı 15.24 ile 10 yaştan S2 parselinde, en düşük C/N oranı 8.00 ile 5 yaştan S1 parselinde belirlenmiştir. 20-40 cm derinlikte en yüksek C/N oranı 13.37 ile 5 yaştan S3 parselinde, en düşük C/N oranı ise 7.34 ile 7 yaştan S2 parselinde gözlenmiştir.

4. toprak örneklerinde 0-20 cm derinlikte, en yüksek C/N oranı 15.65 ile tarım alanında, en düşük C/N oranı ise 9.14 ile 7 yaştan S2 parselindedir. 20-40 cm derinlikte en yüksek C/N oranı 14.24 ile 10 yaştan S2 parselinde, en düşük C/N oranı ise 8.90 ile 7 yaştan S2 parselinde olduğu belirlenmiştir.

Toprak örneklerine göre C/N oranı açısından genel ortalamalar değerlendirildiğinde, her iki derinlikteki ortalamalar da birbirine yakın düzeydedir. 0-20 cm derinlikte en yüksek C/N oranı 13.82 ile 2. toprak örneklerinde, en düşük C/N oranı ise 10.61 ile 1. toprak örneklemeinde bulunmuştur. 20-40 cm derinlikte en yüksek C/N oranı 12.41 ile 4. toprak örneklerinde, en düşük C/N oranı ise 10.25 ile 1. toprak örneklerinde belirlenmiştir. Tınlı ve killi topraklarda genelde C/N oranı Hassink (1994),’e göre 10 düzeyindedir. C/N oranı topraktaki organik karbon miktarı tarafından belirlenmekte bitkinin azotdan yararlanabilmesi için topraktaki C/N önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. İdeal oran 10:1 ila 20:1 arasında olabilmektedir. Karbon oranının yüksek olması azotun hareketsizliğine neden olmaktadır.

Smolander ve Kitunen (2011), Finlandiya’da farklı huş ağacının topraklarında C/N oranının 17-37 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Maquere ve ark (2008),

okaliptüs ormanlarında C ve N içeriklerinin toprak derinliği ile azaldığını ve 0-5 cm derinlikte ortalama % 1.25 C ve % 0.07 N; 80-100 cm derinlikte ise % 0.42 C ve % 0.03 N olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada C/N oranının 15.1-23.6 arasında değişip ve toprak derinliği ile azaldığını, 25 cm derinlikte en düşük değerine (13-15), yüzeyde ise en yüksek değerine ulaştığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Kunkel ve ark (2011), yarı kurak arazide, topraktaki C/N oranının 6.2-16.4 arasında değiştiğini, ortalama C/N oranının ise 10.1 olduğunu rapor etmişlerdir. Polglase ve ark (1992),’a göre ılıman ve tropikal iklimlerde yetiştirilen okaliptüs ormanlarının topraklarındaki C/N oranı 12-22 arasında değişmektedir.

Çizelge-4.9. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs, larım ve doğal alan topraklarında karbon-azot oranı (C/N)

Yaş	Uyg.	1. Toprak C/N		2. Toprak C/N		3. Toprak C/N		4. Toprak C/N	
		0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm	0-20cm	20-40cm
1		8.59 ±2.0b	8.09 ±1.7b	11.48 ±1.3b	13.10 ±2.5a	8.00 ±2.5d	10.04 ±3.0bc	10.07 ±1.8b	10.38 ±1.1a
2		9.80 ±0.3b	8.98 ±0.4b	14.58 ±0.9ab	9.25 ±2.8a	11.92 ±2.1a-d	10.34 ±6.4bc	13.70 ±2.7ab	11.09 ±2.0a
5	3	7.69 ±2.9b	9.40 ±1.2b	14.19 ±2.9ab	12.75 ±1.3a	10.56 ±1.8a-d	13.37 ±2.8a-c	12.36 ±0.7ab	13.76 ±3.1a
1		10.63 ±0.3b	11.18 ±1.3ab	15.21 ±2.9ab	12.89 ±2.5a	9.20 ±1.2b-d	7.43 ±1.1c	11.02 ±2.9ab	13.08 ±3.3a
2		13.12 ±7.3a	12.15 ±2.2ab	12.73 ±3.3b	13.05 ±12.9a	9.55 ±2.1b-d	7.34 ±1.4c	9.14 ±2.6b	8.90 ±2.1a
7	3	12.43 ±2.6ab	8.41 ±1.3b	15.18 ±4.6a	15.34 ±3.0a	8.48 ±0.9cd	7.67 ±0.3c	15.14 ±5.0ab	11.83 ±4.9a
1		11.34 ±1.3ab	13.85 ±5.9a	15.03 ±0.7ab	11.69 ±1.9a	13.61 ±1.3a-c	12.98 ±3.7a	14.61 ±2.4a	13.70 ±1.9a
2		11.27 ±1.6b	9.87 ±0.6ab	15.54 ±3.4ab	10.51 ±1.4a	15.24 ±0.1a	11.93 ±0.9ab	14.36 ±1.8ab	14.24 ±6.0a
10	3	9.00 ±0.2b	9.59 ±1.2ab	11.93 ±0.3b	12.82 ±0.2a	13.81 ±1.5ab	13.30 ±0.7a-c	15.10 ±2.1ab	13.13 ±4.3a
Tarım A.°		9.82 ±1.3b	9.00 ±0.7b	13.57 ±0.8ab	12.53 ±1.2a	10.61 ±3.7a-d	8.87 ±2.4bc	15.65 ±2.9ab	13.30 ±3.7a
Doğal A.°		12.87 ±1.0ab	12.27 ±0.5ab	12.60 ±1.9ab	11.95 ±1.3a	12.67 ±0.8a-d	11.94 ±0.8bc	12.35 ±2.5ab	13.13 ±1.1a
Ortalama		10.61	10.25	13.82	12.35	11.24	10.47	13.04	12.41

4.7. Toprak özellikleri Arasındaki Korelasyon

Toprakların azot, karbon içeriği spor sayısı ve dehidrogenaz aktiviteleri için farklı yaş gruplarında ve her analiz dönemine göre korelasyon analizi yapılmıştır. Her 4 dönemde de alınan toprak örneklerinde karbon ve spor sayıları yönünden yüksek düzeyde ($P<0.0001$) korelasyon, ayrıca karbon ve azot içeriklerinde de anlamlı korelasyon belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs topraklarına (1. Örnek) ait korelasyon

1. toprak	Azot (x1)	Karbon (x2)	Spor (x3)	Dehidrogenaz (x4)
x1	1.0000	-	-	-
	-	-	-	-
x2	0.8329	1.0000	-	-
	<0.0001	-	-	-
x3	0.0423	0.1550	1.0000	-
	0.7729	0.2875	-	-
x4	0.2684	0.2336	0.2938	1.0000
	0.0622	0.1062	0.0404	-

Çizelge 4.10.' da görüleceği üzere, toprakların karbon içeriği ile azot içeriği arasında $P<0.0001$ düzeyinde önemli bir korelasyon belirlenmiştir, diğer analizler arasında ise önemli bir korelasyon olmadığı anlaşılmıştır.

Çizelge 4.11. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs topraklarına (2. Örnek) ait korelasyon

2. toprak	Azot (x1)	Karbon (x2)	Spor (x3)	Dehidrogenaz (x4)
x1	1.0000	-	-	-
	-	-	-	-
x2	0.8907	1.0000	-	-
	<0.0001	-	-	-
x3	0.3733	0.3943	1.0000	-
	0.0082	0.0050	-	-
x4	0.1405	-0.0490	0.1856	1.0000
	0.3356	0.7383	0.2017	-

2. toprak örneklerinde, toprakların karbon içeriği ile azot içeriği arasında $P < 0.0001$ düzeyinde önemli teşkil eden bir korelasyon, topraktaki spor sayısı ile karbon içeriği arasında da $P < 0.0005$ önem düzeyinde bir korelasyon belirlenmiştir. Diğer uygulamalar arasında ise önemli korelasyon yoktur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs topraklarına (3. Örnek) ait korelasyon

3. toprak	Azot (x1)	Karbon (x2)	Spor (x3)	Dehidrogenaz (x4)
x1	1.0000	-	-	-
	-	-	-	-
x2	0.3727	1.0000	-	-
	0.0084	-	-	-
x3	0.2290	0.6900	1.0000	-
	0.1134	<0.0001	-	-
x4	0.0680	0.0414	0.2741	1.0000
	0.6425	0.7775	0.0567	-

3. toprak örneklerinde, toprakta karbon içeriği ile topraktaki spor sayısı arasında $P < 0.0001$ önem düzeyinde bir korelasyon var iken, diğer analizler arasında ise önemli bir korelasyon yoktur (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.13. Farklı yaş gruplarındaki okaliptüs topraklarına (4. Örnek) ait korelasyon

4. toprak	Azot (x1)	Karbon (x2)	Spor (x3)	Dehidrogenaz (x4)
x1	1.0000	-	-	-
	-	-	-	-
x2	0.6239	1.0000	-	-
	<0.0001	-	-	-
x3	0.2522	0.6103	1.0000	-
	0.0804	<0.0001	-	-
x4	0.0358	0.0862	0.1996	1.0000
	0.8070	0.5557	0.1691	-

4. toprak örneklerinde toprak karbon içeriği ile azot içeriği arasında $P<0.0001$ düzeyinde bir korelasyon, toprakta karbon içeriği ile spor sayısı arasında $P<0.0001$ düzeyinde bir korelasyon belirlenmiştir. Diğer analizler arasında ise önem teşkil eden bir korelasyon yoktur (Çizelge 4.13).

Ölçülen 4 parametrenin her bir analiz sonucuna göre dehidrogenaz aktivitesi ile karbon, azot ve spor sayıları yönünden bir ilişki tespit edilememiştir. Ancak karbon ile azot konsantrasyonları arasında yüksek korelasyon vardır. Kunkel ve ark (2011), karbon ile azot arasında korelasyon olmakla birlikte yöresel dağılıma bağlı olarak büyük farklılıkların da olduğunu belirtmişlerdir. Spor sayısı ile karbon arasındaki yüksek korelasyon ileriye yönelik mikoriza yönetimi açısından önemli bir gelişme olarak görülebilir. Verma ve ark (2010), orman alanlarında yürüttükleri çalışmada, mikoriza popülasyonu ile organik toprak karbonu arasında yüksek korelasyon belirlemişlerdir. Araştırma bulgularının aksine, Miller ve Jackson (1998), yüksek miktarda azot, karbon, fosfor ve katyon değişim kapasitesi ile topraktaki spor sayıları arasında negatif bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ülkemizde bitkilerin toplam karbon bütçesinin hesaplanmasına temel oluşturmak üzere farklı yaş gruplarına ait kesilip sürülmüş (S1), kesilip sürülmemiş (S2) ve müdahale edilmemiş (S3) okaliptüs alanlarında toprakta CO₂ salınımı, dehidrogenaz aktivitesi, organik karbon ve azot içerikleri ile topraktaki mikoriza varlığı arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Okaliptüs türü bitkiler mikorizaya bağımlı olup önemli oranlarda karbon bağladığı için toplam karbon bağlanması ile mikoriza arasındaki ilişkinin belirlenmesi sistemin anlaşılmasında önem taşımaktadır.

Araştırma bulgularına göre, en yüksek spor sayısı 3. toprak örnekleme döneminde (Nisan) 0-20 cm derinlikte belirlenmiştir. Uygulamalar bazında spor sayıları ise aynı şekilde 3. toprak örnekleme döneminde doğal alanda 0-20 cm derinlikte en yüksek seviyede belirlenmiştir. Bu sonuç mevsimsel değişimlere bağlı olarak bitkilerin gelişimi ile spor oluşumunun arttığını hatırlatmaktadır. Bu dönemde doğal olarak diğer mikrobiyel faaliyetler de artmaktadır. Genelde S2 ve S3 uygulamalarında daha fazla spor varlığının belirlenmesi ortamın işlenmemesi, bitki köklerinin canlılığı ve doğal bitkilerin mikoriza sporu üretmesi ile açıklanabilir.

Mikorizal kök enfeksiyonu bakımından en yüksek kök enfeksiyonu 7 yaş grubu S3 parselinde, 20-40 cm derinlikte belirlenmiştir. Kök boğumundan uzaklığa bağlı olarak kök enfeksiyonu incelendiğinde S2 parselinde 50-100 cm uzaklıkta en yüksek kök enfeksiyonu değerine ulaşılmış, Kök boğumundan uzaklaştıkça kök enfeksiyonunun azaldığı belirlenmiştir. Aynı şekilde S3 parselinde de, S2 parselinde olduğu gibi 50-100 cm uzaklıkta en yüksek kök enfeksiyonu değerine ulaşılmıştır. S2 ve S3 parselleri kök boğumundan uzaklığa bağlı olarak karşılaştırıldığında S2 parselinde daha fazla kök enfeksiyonu gözlenmiştir.

Topraklardaki solunum değerleri aylar itibariyle değerlendirildiğinde Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında en yüksek solunum değerleri belirlenmiştir. Doğal olarak havaların sıcak olması ile biyolojik aktivitenin artması beklenilmektedir. Bu durumun topraktaki spor sayılarında olduğu gibi mevsimsel değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Uygulamalar arasında en yüksek solunum değerleri

ise Mayıs ve Kasım aylarında 7 yaş grubunun S3 parselinde 0-20 cm derinlikte belirlenmiştir.

Topraklar dehidrogenaz aktiviteleri bakımından değerlendirildiğinde, 2. Toprak Örnekleme döneminde (Ocak) 0-20cm derinlikte en yüksek dehidrogenaz aktivitesine ulaşılmıştır. Söz konusu örneklerin alındığı yıl mevsimlerin yağışsız gitmesi, hava sıcaklığının ortalamanın üzerinde olması enzim aktivitesini arttırmış olabilir. Aynı dönemde, tarım alanında 0-20 cm derinlikte en yüksek dehidrogenaz aktivitesi belirlenmiştir.

5 yaş grubu, S2 parselinde, 0-20 cm derinlikte 2. toprak örnekleme döneminde (Ocak) 0-20 cm derinlikte en yüksek karbon içeriği belirlenmiştir. Bu durum toprakların dehidrogenaz aktivitelerine paralellik göstermektedir. Genelde S2 ve S3 uygulamalarında toprak organik karbon içeriği yüksek bulunmuştur.

Toprakların azot içeriklerinde dönemler arasında önemli bir farklılık olmamakla beraber en yüksek azot içeriği 5 yaş grubu S2 parselinde, 0-20 cm derinlikte belirlenmiştir.

Toprakların C/N oranı bakımından en yüksek C/N oranı 2. toprak örnekleme döneminde 0-20 cm derinlikte, en düşük C/N oranı ise 1. toprak örnekleme döneminde 20-40 cm derinlikte belirlenmiştir.

Araştırma bulguları bir bütün olarak değerlendirildiğinde; 2. toprak örneklerinde (Ocak) toprakların dehidrogenaz aktivitesi, karbon içerikleri ve C/N oranlarının en yüksek değerine ulaştığı, 3. toprak örneklerinde (Nisan) ise topraktaki spor sayılarının en yüksek düzeye çıktığı belirlenmiştir.

Araştırma bulgularına göre, genelde toprakların dehidrogenaz aktivitesi, toprak solunumu, organik karbon, azot içeriği ve mikoriza spor sayısı her üç yaş grubu için en yüksek S3 uygulaması olan müdahale edilmemiş parsellerde, en düşük ise S1 uygulaması olan kesilip sürülmüş parsellerinde belirlenmiş olup sonuçlar projenin amacında beklendiği gibi gerçekleşmiştir.

Her ne kadar S2 ve S3 gibi toprak işlemeye tabi tutulmayan uygulamalarda N ve C içerikleri yüksek olsa da zaman zaman farklı örnekleme dönemlerinde farklı sonuçlar elde edilmektedir. Çoğunlukla vatandaşların deneme alanına girmeleri ve hayvanlarını otlatmaları sonucu ortama bırakılan hayvan dışkılarının toprakla

karışması, toprağın hayvanlar tarafından çiğnenmesinin sonuçları etkilediği düşünülmektedir. Ayrıca kesilip sürülmüş alanda halen toprak ayrışmasının devam etmesi nedeniyle henüz uygulamalar arasında belirgin bir farklılık net olarak oluşmamıştır. Ancak topraktaki spor sayıları ile karbon ve azot konsantrasyonu arasında yüksek korelasyon tespit edilmiştir. 0-20 cm toprak derinliğinde biyolojik aktivitenin ve spor sayısının 20-40 cm derinliğine göre yüksek olması doğrudan bitki köklerinin yüzeyde yoğunlaşması ile ilişkilidir.

Bu bağlamda denemenin mevcut halinin devam etmesi, koruma önlemlerinin arttırılması önem taşımaktadır. Okalıptüs fidanlıklarının toprak altı biokütlesinin toplam karbon bütçesine ve kayıplarına etkisinin ileri derecede araştırılması önemli olacaktır.

Bu bağlamda okalıptüs ağaçlandırmalarının ekolojik ve ekonomik yönden irdelenmesi ile ülkemizin ileride karbon depolanmasına katkısı kadar marjinal alanların ıslahı ve iyileştirilmesinde de kullanılabilecek potansiyele sahip bulunması bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca tarım toprakları ve doğal alanlar ile yüksek yapılı bitkilerin bulunduğu toprak koşullarının karşılaştırılması ileriye yönelik karbon yönetimi için önemli olacaktır.

KAYNAKLAR

- ACS, F., BREURER, H., 2006. Modelling of Soil Respiration in Hungary, *Agrokémia és Talajtan* 55, 59-68
- ADALI, F., 1944. *Sağlık Ağacı Okaliptüs*. Ziraat Vekaleti Neşriyat Müdürlüğü, Genel Sayı: 609, Pratik Kitaplar Sayı: 3, 146 sayfa, İstanbul.
- AGGANGAN, R.T., CONNELL, A.M., O' MCGRATH J.F., and DELL, B., 1999. The Effects of Eucalyptus Globulus Labill. Leaf Letter on C and N Mineralization in Soil from Pasture and Native Forest. *Soil Biology and Biochemistry* 31 (1999), pp. 1481–1487.
- 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., ve BAYRAKLI, B., 2004. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampüs Topraklarının Bazı Mikrobiyolojik Özellikleri. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*,19(1):31-36.
- 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.
- BAGYARAJ, D.J., 1991. Ecology of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae. IN: D.K. Arora *et al.* (Eds.) *Handbook of Applied Mycology. Soil and Plants.* vol. 1. Marcel Dekker. USA.
- BASTIDA, F., MORENO, J.L., HERNANDEZ, T., and GARCIA, C., 2006. Microbial Degradation Index of Soils in a Semiarid Climate. *Soil Biology and Biochemistry*, 38;3463-3473.
- BECERRA, A.G., CABELLO, M.N., BARTOLONI, N.J., 2011. Native Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Yungas Forests, Argentina. *Mycologia* 103, 273-279.
- BLACK, C.A., 1957. *Methods of Soil Analysis. Part:2.* American Society of Agronomy Inc., Publisher Maddison, Wisconsin, USA.

- BOHN, H.L., 1982. Estimate Of Organic Carbon in World Soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40: 468–470,86
- BOUYOUCOS, G.J., 1951. Hydrometer Method Improved for Marking Particle Size Analysis of Soils. Agronomy J. 54, pp: 464-465.
- ÇAĞLAR, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 10, Ankara.
- CAIRNS, M. A., BROWN, S., HELMER, E.H., and BAUMGARDNER, G.A., 1997. Root biomass allocation in the world's upland forest. *Oecologia* 111:1–11.
- CAMPOS, D.T.D., DA SILVA, M.D.S., DA LUZ, J.M.R., TELESFORA, R.J., KASUYA, M.C.M., 2011. Mycorrhizal Colonizations in Eucalypt Plantations 35: 965-974
- CELIK, I., BARUT, Z.B., ORTAS, I., GOK, M., DEMİRBAS, A., TULUN, Y., AKPINAR, C., 2011. Impacts of Different Tillage Practices on some Soil Microbiological Properties and Crop Yield under Semi-arid Mediterranean Conditions. *International Journal of Plant Production*, 5 (3) : 237-254
- COLL, M., and HUGHES, L., 2008. Effects of Elevated CO₂ on an Insect Omnivore: A Test for Nutritional Effects Mediated by Host Plants and prey. *Agric. Ecosyst. Environ.* 123, 271-9.
- 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.
- DOUDS, D.D., JOHNSON, C.R., and KOCH, K.E., 1988. Carbon Cost of the Fungal Symbiont Relative to Net Leaf P Accumulation in a Split-Root VA Mycorrhizal Symbiosis. *Plant Physiol.* 86:491-496.
- ESWARAN, H., VAN DEN BERG, E., REICH, P., and KIMBLE, J., 1995. Global Soil Carbon Resources. In: Lal R, Kimble J, Levine E & Stewart BA (Eds) *Soil and Global Change* (pp 27–43). CRC Press, Boca Raton, FL, U.S.A.
- FAO, 1988. *The Eucalyptus Dilemma*. Food and Agricultural Organization, 26 pages, Rome, Italy.

- FRANK, A.B., LIEBIG, M.A., HANSON, J.D. 2002. Soil Carbon Dioxide Fluxes in Northern Semiarid Grasslands, *Soil Biol. Biochem.* 34, 1235-1241
- GARCIA, C., ROLDAN, A., and HERNANDEZ, T., 1997. Changes in Microbial Activity Alter Abandonment of Cultivation In A Semiarid Mediterranean Environment. *Journal of Environmental. Quality*, 26;285-291.
- GERDEMANN, J.W., NICOLSON, T.H., 1963. Spores of Mycorrhizal Endogeny Species Extracted from Soil by Wet Sieving and Decanting. *Transactions of British Mycological Society* 46, 235-244.
- 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.
- GIOVENETTI, M., and MOSSE, B., 1980. An evaluation Of techniques for Measuring Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza in Roots. *New Phytologist* 84. 489-500.
- 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. and. MCGILL, 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.
- GÜRSER, M.K., 1990. Dünya’da ve Türkiye’de Okaliptüs. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, Türkiye’de Okaliptüs Yetiştiriciliği’nin 50. Yılı, Sayfa: 1-19, İzmit.
- GÜRSER, M.K., 1993. Okaliptüsün Türkiye Ormancılığı Açısından Önemi ve Bazı Öneriler, Orman Bakanlığı 1. Ormancılık Şurası Tebliğler ve Ön Çalışma Gurubu Raporları Cilt 1, Seri No: 13, Yayın No: 006, Ankara, S. 456-463.

- 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.
- JANSSENS, I.A., LANKREIJER, H., MATTEUCCI, G., KOWALSKI, A.S., 2001.
Productivity Overshadows Temperature in Determining Soil and Ecosystem
Respiration across European Forests. *Global Change Biol* 7:269–278
- JONES, H., 1992. Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to
Environmental Plant Physiology. Cambridge University Press, Cambridge.
- KACAR, B., 1984. Bitki Besleme, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi ders
Yayınları, Ankara.
- KAYACIK, H., 1982. Orman ve Park Ağaçlarının Sistematığı. III. Cilt,
Angiosperme. İ.Ü. Orman Fak. Yay. No:3013/321, İstanbul.
- KOSKE, R.E., and GEMMA, J.N., 1989. A Modified Procedure For Staining Roots
To Detect VAM. *Mycological Research* 92. 486-505.
- KOWALENKO, C.G., IVARSON, K.C., and CAMERON, D.R., 1978. Effect of
Moisture Content, Temperature and Nitrogen Fertilization on Carbon Dioxide
Evolution from Field Soils. *Soil Biol. Biochem.*, 10, 417-423
- 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.
- LELLEI KOVACS, E., KOVACS-LANG, E., BOTTA-DUKAT, Z., KALAPOS, S.,
EMMET, B., BEIER, C., 2011. Thresholds and Interactive Effects of Soil
Moisture on the Temperature Response of Soil Respiration, *European Journal
of Soil Biology* 47, 247-255
- LINDSAY, W.L., NORVELL, W.A. 1978. Development of DTPA Soil Test for
Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 42: 421-428.

- 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
- MICHELSSEN, A., and ROSENDAHL, S., 1990. The Effect of VA Mycorrhizal Fungi, Phosphorus and Drought Stress on The Growth of *Acacia nilotica* and *Leucaena leucocephala* Seedlings. *Plant and Soil*, 124:7-13.
- MILLER, R.L., JACKSON, L.E., 1998. Survey of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae in Lettuce Production in Relation to Management and Soil Factors. *Journal of Agricultural Science* 130, 173-182.
- OEHL, F., SIEVERDING, E., INEICHEN, K., MADER, P., WIEMKEN, A., BOLLER, T., 2009. Distinct Sporulation Dynamics of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities from Different Agroecosystems in Long-Term Microcosms. *Agriculture Ecosystems & Environment* 134, 257-268.
- OLSEN, S.R., COLE, C.V., WATANABE, F.S. and 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.
- ORTAS, I., 1994. The Effect of Different Forms and Rates of Nitrogen and Different Rates of Phosphorus Fertilizer on Rhizosphere pH and P Uptake in Mycorrhizal and non-Mycorrhizal Sorghum Plants. Ph.D. thesis 1994, University of Reading, Reading, UK.
- ÖZCAN, H., ve TABAN, S., 2000. VA-Mycorrhiza'nın Alkalin ve Asit Toprakta Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Gelişimi ile Fosfor, Çinko, Demir, Bakır ve Mangan Konsantrasyonları Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24:629-635.
- PAGANO, C.M., and SCOTTI, R.M., 2008. Arbuscular and Ectomycorrhizal Colonization of Two *Eucalyptus* Species in Semiarid Brazil *Mycoscience* 49:379–384
- 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

- RAICH, J.W., and NADELHOFFER, K.J., 1989. Belowground Carbon Allocation in Forest Ecosystems: Global Trends. *Ecol.* 70: 1346–1354
- RAICH, J.W., and POTTER, C.S., 1995. Global Patterns of Carbon Dioxide Emissions From Soils. *Global Biogeochem. Cycles* 9: 23–36
- RAICH, J.W., and TUFEKCIOGLU, A., 2000. Vegetation and Soil Respiration: Correlations and Controls. *Biogeochem.*, 48 (1), 71-90
- RAICH, J.W., SCHLESINGER, W.H., 1992. The Global Carbon Dioxide Flux in Soil Respiration and Its Relationship to Vegetation and Climate, *Tellus Ser. B* 44, 81-99.
- RILLIG, M.C., WRIGHT, S.F., NICHOLS, K.A., SCHMIDT, W.F., TORN, M.S., 2001. Large Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Soil Carbon Pools in Tropical Forest Soils. *Plant and Soil* 233, 167–177.
- SANTOS, V.L., MUCHOVEJ, R.M., BORGES, A.C., NEVES, J.C.L., KASUYA, M.C.M., 2001. Vesicular-Arbuscular-Ectomycorrhiza Succession in Seedlings of *Eucalyptus* spp. *Braz J Microbiol* 32:81–86
- SCHAEFER, R., 1967. Caracteres et Evolution Des Activites Microbiennes Dans Une Chaîne de Sols Hidromorphes Mesotrophiques de la Plaine d’Alsace, *Revue d’Ecologie et de Biologie du sol (IV)* 4, 567-592.
- SCHENCK, N.C., and SCHRODER, V.N., 1974. Temperature Response of Endogone Mycorrhiza on Soybean Roots. *Mycologia*, 66: 600-605.
- SCHLICHTING, E., and BLUME, E., 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. Verlag Paul parey, Hamburg and Berlin.
- SMITH, S., and READ, D.J., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, San Diego, CA.
- SMOLANDER, A., 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
- TAN, H., 1999. Tarsus-Karabucak Yöresi Buharlanmış ve Buharlanmamış Okalıptus Odununun (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- THALMANN, A., 1967. Über die Mikrobielle Aktivität und Ihre Beziehungen zur Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Ackerböden unter besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenase Aktivität (TTC-Reduktion) Diss. Gießen (FRG).
- VAN GROENIGEN, K.J., BLOEM, J., BAATH, E., BOECKS, P., ROUSK, J., BODE, S., FORRISTAL, D., JONES, M.B., 2010. Abundance, Production and Stabilization of Microbial Biomass under Conventional and Reduced Tillage. *Soil Biology & Biochemistry* 42: 48-55
- VERMA, N., TARAFDAR, J.C., SRIVASTAVA, K.K., 2010. Periodic Changes in *Prosopis Cineraria* Associated AM Population at Different Soil Depth and Its Relationship with Organic Carbon and Soil Moisture. *African Journal of Microbiology Research* 4, 115-121.
- WANG, G.M., COLEMAN, D.C., FRECKMAN, D.W., DYER, M.I., MCNAUGHTON, S.J., ACRA, M.A., and GOESCHL, J.D., 1989. Carbon Partitioning Patterns Of Mycorrhizal Versus Non-Mycorrhizal Plants: Real Time Dynamic Measurements Using ^{14}C . *New Phytol.* 112:489-493

ÖZGEÇMİŞ

07/07/1983 tarihinde Kayseri’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kayseri’de tamamladı. 2002 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü’nden 2007 yılında mezun oldu ve 2008 yılında Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Anabilim dalı Rizosfer Laboratuvarında yüksek lisans öğrenimine başladı.