

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

**KÖK AYRIŞMA SEYRİ ÜZERİNDE AĞAÇ TÜRÜ, BAKI VE  
YÜKSELTİNİN ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Murat ACAR**

**Artvin-2009**

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

**KÖK AYRIŞMA SEYRİ ÜZERİNDE AĞAÇ TÜRÜ, BAKI VE  
YÜKSELTİNİN ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Murat ACAR**

**Danışman  
Doç. Dr. Temel SARIYILDIZ**

**Artvin-2009**

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

**KÖK AYRIŞMA SEYRİ ÜZERİNDE AĞAÇ TÜRÜ, BAKI VE**  
**YÜKSELTİNİN ETKİSİ**

Murat ACAR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01 / 06 / 2009

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 29 / 06 /2009

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Temel SARIYILDIZ

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ayşe YAVUZ

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, AÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 29/06/2009 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../...../2009 tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

..../...../2009

Yrd. Doç. Dr. Atakan ÖZTÜRK

Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

“Kök ayrışma seyri üzerinde ağaç türü, bakı ve yükseltinin etkisi” adlı bu çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmanın planlanmasında, deneme alanlarının seçiminde, araziden kök ve toprak örneklerin alınmasında, ayrışma deneyi için kök örneklerin araziye bırakılmasında, örneklerin laboratuardaki ölçüm, tartım, kurutma işlemlerinde ve tezin yazım sürecinde kaynak ve bilgilerini açarak yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sayın hocam Doç. Dr. Temel SARIYILDIZ’a içtenlikle teşekkür ederim.

Yüksek lisans ders ve tez çalışması süresince fikir ve bilgilerinden yararlandığım sayın hocam Doç. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU’na sonsuz teşekkür ederim. Laboratuvar ve arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Mehmet KÜÇÜK’e, Orm. Yük. Müh. Ahmet DUMAN’a, arazi ve laboratuvar çalışmalarında çekilen fotoğrafların bilgisayar ortamında düzeltilmesinde emeği geçen AÇÜ Peyzaj Mimarlığı öğrencisi Hakan RÜZGAR’a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın ülkemiz ormancılığına ve araştırmacılara faydalı olmasını dilerim.

Murat ACAR

Artvin - 2009

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	I
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	II
<b>ÖZET</b> .....	III
<b>SUMMARY</b> .....	IV
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	V
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	VII
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	IX
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	11
2.1. Çalışma Alanının Genel Tanıtımı .....	11
2.2. İklim Özellikleri .....	14
2.3. Jeolojik Yapı ve Genel Toprak Özellikleri .....	17
2.4. Arazide ve laboratuarda yapılan çalışmalar .....	18
<b>3. BULGULAR</b> .....	26
3.1. Çalışma Alanının Toprak Özellikleri ve Mikroiklimi.....	26
3.2. Kılcal Köklerin ( $\emptyset < 2$ mm) 0-10 cm Toprak Derinliğindeki Ayrışması .....	28
3.3. Kılcal Köklerdeki ( $\emptyset < 2$ mm) Azot, Fosfor ve Potasyum (N, P, K) Değerlerinin Ayrışma Süresi İçindeki Değişimi.....	32
3.4. Kılcal Köklerin ( $\emptyset < 2$ mm) 10-20 cm Toprak Derinliğindeki Ayrışması .....	39
3.5. İnce Köklerin ( $\emptyset = 2 - 5$ mm) 0-10 cm Toprak Derinliğindeki Ayrışması .....	41
3.6. İnce Köklerin ( $\emptyset = 2 - 5$ mm) 10-20 cm Toprak Derinliğindeki Ayrışması .....	44
3.7. Standart Köklerin ( $\emptyset < 2$ mm) 0-10 cm Toprak Derinliğindeki Ayrışması .....	46
3.8. Standart Köklerin ( $\emptyset < 2$ mm) 10-20 cm Toprak Derinliğindeki Ayrışması .....	50
3.9. Standart Köklerin ( $\emptyset < 2$ mm) Ayrışması Üzerine Çevre Şartlarının Etkisi .....	53
<b>4. TARTIŞMA</b> .....	57
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	64
<b>KAYNAKLAR</b> .....	67
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	72

## ÖZET

Kılcal ve ince kökler karasal ekosistemlerdeki karbon döngüsünde önemli rol oynamaktadır. Çünkü bu kökler yıllık net birincil üretimin önemli bir bölümünü oluşturması yanında, oldukça kısa bir zaman dilimi içinde toprağa katılabilen kısa ömürlü dokulardır. Burada sunduğumuz çalışmada kılcal ve ince köklerin ayrışması üzerinde ağaç türlerinin, topografyanın ve toprak derinliğinin etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla önemli asli ağaç türlerimizden olan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) ile köklerinde azot bağlayan bakteriler bulundurması ile önem taşıyan Kızılağaç (*Alnus glutinosa* L.) türlerinin kılcal (<2mm) ve ince kökleri (2-5 mm) kuzey ve güney bakıya, her bir bakının farklı iki yükseltisine (alt yükselti-900 m ve üst yükselti-1260 m) ve her bir deneme alanında iki farklı toprak derinlik kademesine (0-10 cm ve 10-20 cm) bırakılarak ayrışma süreçleri iki yıl süreyle incelenmiştir. Ek olarak, standart kök örnekleri (kimyasal bileşimi aynı) kullanılarak, topografyaya bağlı olarak meydana gelen mikroiklim özelliklerinin kök ayrışmasına olan etkileri ayrıca incelenmiştir. Ayrışma süresi boyunca, kızılağaç kılcal ve ince kökleri en hızlı ayrışmayı gösterirken, bunu sarıçam ve doğu ladini kılcal ve ince kökleri izlemiştir. Güney bakılardaki kök örnekleri kuzey bakılardaki köklere göre daha hızlı ayrılmıştır. Her bir bakının alt yükseltisindeki kökler üst yükseltisindeki köklere göre daha hızlı bir ayrışma göstermiştir. Toprak derinlik kademesi ve kök çap kalınlığının artmasıyla ayrışmanın hızının azaldığı belirlenmiştir. Türler arasındaki ayrışma farklılıklarında türlerin başlangıçta içerdiği kimyasal yapı etkili olurken, kimyasal özellikler sabit tutulduğunda topografyaya bağlı olarak mikroiklim özelliklerinde, özellikle sıcaklıkta (bu çalışmada hava ve meşcere altı sıcaklık) meydana gelen değişikliklerin kök ayrışmasını etkilediği belirlenmiştir. N oranı en fazla olan kızılağaç köklerinin ayrışması en hızlı iken, N oranı en az olan doğu ladininde ayrışma en yavaş gerçekleşmiştir. Bu çalışmada sunulan bilgiler çalışmanın sınırları dikkate alınmak kaydıyla, topografya ve ölü örtü arasındaki ilişkileri araştıran ormancılar, orman ekolojistleri ve diğer araştırmacılarca güvenle kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Kök ayrışması, topografya, kimyasal yapı, iklim, kızılağaç, doğu ladini, sarıçam, azot, Artvin

## SUMMARY

### EFFECTS OF TREE SPECIES AND TOPOGRAPHY ON ROOT DECOMPOSITION IN ARTVİN, NORTHEAST TURKEY

Fine and small roots of trees are an important part of the terrestrial carbon (C) cycle because they comprise a large fraction of annual net primary production that as ephemeral tissues, are returned to the soil on relatively short time scales. Main aim of this study was to investigate the effects of tree species, topography and soil depth on fine and small roots of Alder (*Alnus glutinosa* L.), Oriental spruce (*Picea orientalis* L.) and Pine (*Pinus sylvestris* L.). The root samples collected from two aspects (north and south) and two altitudes (900 m and 1260) on each aspect and were placed into 0-10 cm and 10-20 cm of soil depth. Root decomposition was studied in the field using the litterbag technique for two years. In addition, standard root samples were also placed on two aspects and two altitudes in order to only evaluate the effects of microclimate on the root decomposition. The fine root samples were analyzed for initial nitrogen, phosphorus and potassium concentrations and their concentrations in the root samples were followed after 9 and 15 months decomposition time. Alder root samples showed the highest decomposition rates, followed by pine and Oriental spruce roots. The root samples on south aspect and lower altitudes on each aspect decayed faster than those on north aspect and higher altitudes. The root decomposition rates decreased with increasing root thickness and soil depth. Among the tree species, initial root litter quality seemed to control their decomposition rates. In this study, we found that the alder roots with the highest N concentration decomposed much faster than the Oriental spruce roots with the lowest N concentration. Decomposition rates of the standard root samples were well correlated with temperature either in open area or under the stands. This result illustrates the important point that litter quality may define the potential rates of microbial decomposition but these are significantly influenced by the biotic and abiotic environment in which decomposition takes place.

**Key Words:** Root decay, topography, litter quality, climate, alder, oriental spruce, pine, nitrogen, Artvin.

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1. Türlerin Farklı Bakı ve Bu Bakıların Farklı Yükseltilerindeki Ortalama Yaş, Boy ve Göğüs Çapı Değerleri İle Kapalılık Dereceleri .....	14
Tablo 2. Artvin Meteoroloji İstasyonu 1980-2005 Ölçüm Yıllarına Ait İklim Verilerinin 900 m ve 1260 m Yükseltilerine Enterpole Edilmiş Değerleri Enterpole Edilen Değerleri .....	16
Tablo 3. Çalışma Alanındaki Türlerin, Farklı Bakı ve Bu Bakıların Farklı Yükseltilerindeki Toprak Özellikleri ve Mikroiklim Verileri .....	27
Tablo 4. Dokuz (9) Aydaki Kılcal Kök Kütle Azalmaları Üzerinde Türün, Bakının ve Yükseltinin Tek Başlarına ve Birlikte Gösterdikleri Etkilerin İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	28
Tablo 5. On beş (15) Aydaki Kılcal Kök Kütle Azalmaları Üzerinde Türün, Bakının ve Yükseltinin Tek Başlarına ve Birlikte Gösterdikleri Etkilerin İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	31
Tablo 6. Yirmi dört (24) Aydaki Kılcal Kök Kütle Azalmaları Üzerinde Türün, Bakının ve Yükseltinin Tek Başlarına ve Birlikte Gösterdikleri Etkilerin İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	31
Tablo 7. 2 mm den Küçük Köklerin 0-10 cm Toprak Derinlik Kademesindeki $T_{95}$ (y) Değerleri.....	32
Tablo 8. Kılcal Köklerin Başlangıçta ve Ayrışmanın 9. ve 15. Ay Sonrasında İçerdiği N, P ve K Miktarları (%).....	38
Tablo 9. 2 mm den Küçük Köklerin 10-20 cm Toprak Derinlik Kademesindeki $T_{95}$ (y) Değerleri.....	41
Tablo 10. Dokuz (9) Aydaki İnce Kök (2-5 cm) Kütle Azalmaları Üzerinde Türün, Bakının ve Yükseltinin Tek Başlarına ve Birlikte Gösterdikleri Etkilerin İstatistiksel Analiz Sonuçları .....	42
Tablo 11. On beş (15) Aydaki İnce Kök (2-5 cm) Kütle Azalmaları Üzerinde Türün, Bakının ve Yükseltinin Tek Başlarına ve Birlikte Gösterdikleri Etkilerin İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	43
Tablo 12. Yirmi dört (24) Aydaki İnce Kök (2-5 cm) Kütle Azalmaları Üzerinde	



Türün, Bakının ve Yükseltinin Tek Başlarına ve Birlikte Gösterdikleri Etkilerin İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	43
Tablo 13.2 mm den Büyük Köklerin 0-10 cm Toprak Derinlik Kademesindeki T <sub>95</sub> (y) Değerleri.....	44
Tablo 14.2 mm den Büyük Köklerin 10-20 cm Toprak Derinlik Kademesindeki T <sub>95</sub> (y) Değerleri.....	45
Tablo 15.Dokuz (9) Aydaki Standart Köklerin Kütle Azalmaları Üzerinde Türün, Bakının ve Yükseltinin Tek Başlarına ve Birlikte Gösterdikleri Etkilerin İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	46
Tablo 16.On beş (15) Aydaki Standart Köklerin Kütle Azalmaları Üzerinde Türün, Bakının ve Yükseltinin Tek Başlarına ve Birlikte Gösterdikleri Etkilerin İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	48
Tablo 17.Yirmi dört (24) Aydaki Standart Köklerin Kütle Azalmaları Üzerinde Türün, Bakının ve Yükseltinin Tek Başlarına ve Birlikte Gösterdikleri Etkilerin İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	48
Tablo 18.Standart Köklerin 0-10 cm Toprak Derinlik Kademesindeki T <sub>95</sub> (y) Değerleri .....	50
Tablo 19.Standart Köklerin 10-20 cm Toprak Derinlik Kademesindeki T <sub>95</sub> (y) Değerleri.....	51
Tablo 20.9. Aydaki Standart Köklerin Çevresel Etmenler İle Korelasyon Katsayıları .....	54
Tablo 21.15. Aydaki Standart Köklerin Çevresel Etmenler İle Korelasyon Katsayıları .....	55
Tablo 22.24. Aydaki Standart Köklerin Çevresel Etmenler İle Korelasyon Katsayıları .....	56

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Orman Ekosistemlerinde Karbon Döngüsü .....	2
Şekil 2. Küresel Karbon Döngüsü.....	3
Şekil 3. Çalışma Alanının Türkiye Orman Bölge Müdürlükleri Haritasındaki Konumu.....	11
Şekil 4. Walter Yöntemine Göre Alt ve Üst Yükseltiye Ait Sıcaklık-Yağış Grafiği.	15
Şekil 5. Çalışma Alanının Türkiye Jeoloji Haritasındaki Yeri .....	18
Şekil 6. 2 mm den küçük kılcal kökler ve 2 – 5 mm arasındaki ince kökler .....	19
Şekil 7. Toprak Hacim Ağırlığını Belirlemek İçin Araziden Alınan Silindir Örnekleri ve Diğer Toprak Özelliklerini Belirlemek İçin Alınan Toprak Örnekleri ...	20
Şekil 8. Toprak pH'ının 1/2.5 Toprak-Su Karışımında Belirlenmesi .....	21
Şekil 9. Toprağın 10-20 cm Derinlik Kademelerine Bırakılıp Üzerleri Toprakla Kapatılan Ölü Örtü Ayrıştırma Poşetleri .....	22
Şekil 10. Araziden Alınıp Hava Kurusuna Bırakılan Kök Örnekleri .....	23
Şekil 11. Yabancı Maddelerden Temizlenen Köklerin Fırın Kurusu Haline Getirilmesi.....	23
Şekil 12. Çalışma Alanlarında Meşcere Altı Sıcaklığı, Toprak Nemi ve Toprak Sıcaklığı Değerlerinin Ölçülmesi .....	24
Şekil 13. Çalışma Alanlarında Yapılan Solunum Örnekleme .....	25
Şekil 14. 2 mm den Küçük Kılcal Köklerin 0-10 cm Toprak Derinliğinde Kuzey ve Güney Bakılarda Farklı Örnekleme Zamanlarında Farklı Türlerde Gösterdikleri Ayrıştırma Oranları (%)......	29
Şekil 15. 2 mm den Küçük Kılcal Köklerin 0-10 cm Toprak Derinliğindeki Azot (N) Değişiminin (%) Farklı Örnekleme Zamanlarında Kuzey ve Güney Bakılarda Farklı Türlerde Gösterdiği Değişimler .....	35
Şekil 16. 2 mm den Küçük Kılcal Köklerin 0-10 cm Toprak Derinliğindeki Fosfor(P) Değişiminin (%) Farklı Örnekleme Zamanlarında Kuzey ve Güney Bakılarda Farklı Türlerde Gösterdiği Değişimler .....	36
Şekil 17. 2 mm den Küçük Kılcal Köklerin 0-10 cm Toprak Derinliğindeki Potasyum (K) Değişiminin (%) Farklı Örnekleme Zamanlarında Kuzey ve Güney	

Bakılarda Farklı Türlerde Gösterdiği Değişimler .....	37
Şekil 18. 2 mm den Küçük Kılcal Köklerin 10-20 cm Toprak Derinliğinde Kuzey ve Güney Bakılarda Farklı Örnekleme Zamanlarında Farklı Türlerde Gösterdikleri Ayrışma Oranları (%).....	40
Şekil 19. 2 mm den Büyük İnce Köklerin 0-10 cm Toprak Derinliğinde Kuzey Bakıda Farklı Örnekleme Zamanlarında Farklı Türlerde Gösterdikleri Ayrışma Oranları(%).....	42
Şekil 20. 2 mm den Büyük İnce Köklerin 10-20 cm Toprak Derinliğinde Kuzey Bakıda Farklı Örnekleme Zamanlarında Farklı Türlerde Gösterdikleri Ayrışma Oranları(%).....	45
Şekil 21. Standart Köklerin 0-10 cm Toprak Derinliğinde Kuzey ve Güney Bakılarda Farklı Örnekleme Zamanlarında Farklı Türlerde Gösterdikleri Ayrışma Oranları(%) .....	47
Şekil 22. Standart Köklerin 10-20 cm Toprak Derinliğinde Kuzey ve Güney Bakılarda Farklı Örnekleme Zamanlarında Farklı Türlerde Gösterdikleri Ayrışma Oranları(%).....	52

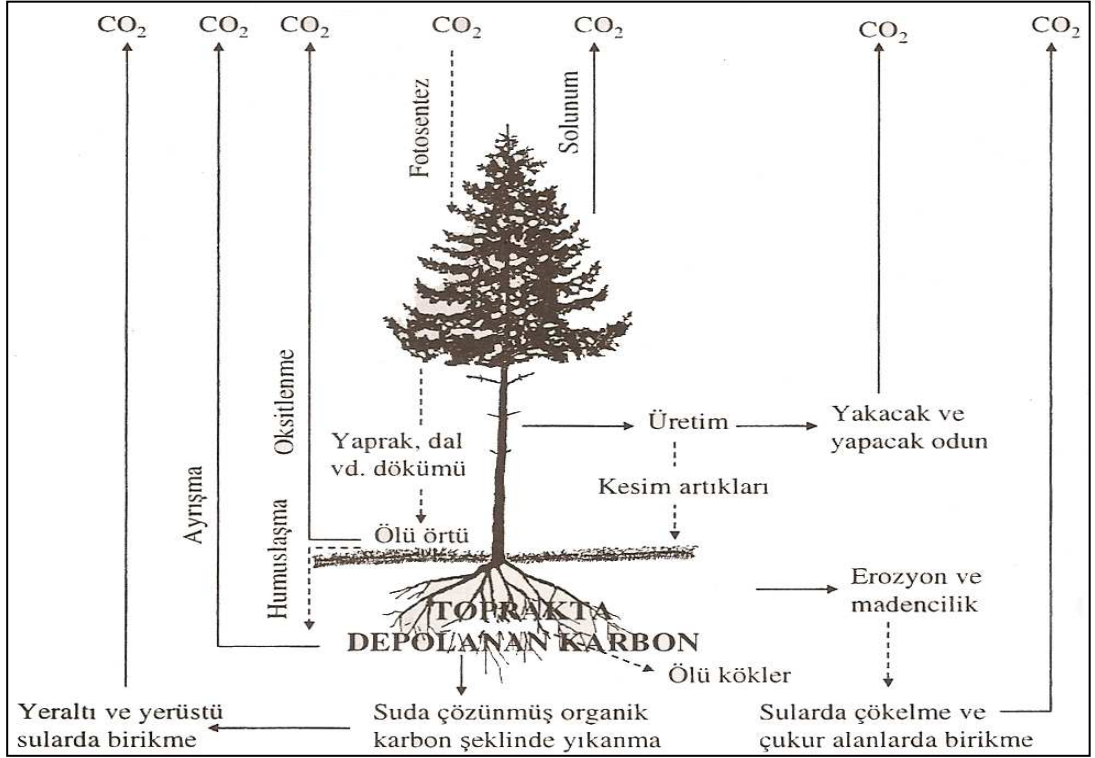
## **KISALTMALAR DİZİNİ**

IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
PPM	Parts Per Million (Milyonda Bir Parça)
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

## 1. GİRİŞ

Karbon, canlıların yapı taşı olmasının yanı sıra evrende bolluk bakımından altıncı sırada yer alan, dünyada hem doğal halde hem de başka elementler ile bileşik halinde bulunan, ağırlık olarak yer kabuğunun yaklaşık %0,2'sini oluşturan ametal kimyasal elementtir. Atmosferin yaklaşık %0.05'ini oluşturan ve bütün doğal sularda erimiş olarak bulunan karbon dioksit, kireçtaşı ve mermer gibi karbonat mineralleri, kömürün, petrolün ve doğalgazın başlıca yapıtaşları olan hidrokarbonlar en bol bulunan bileşiklerdir. Karbon bileşikleri bitkilerin, hayvanların ve mikroorganizmaların yapı taşlarını oluşturmakta, hayatımızı devam ettirmek için gerekli olan enerji ve yiyecek kaynaklarımızın çoğunu sağlamaktadır. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazı olarak atmosferin yaklaşık %0.05'ini oluşturan karbon, bir yandan güneşten gelen radyasyonun seviyesinin kontrol edilmesini sağlarken diğer yandan bitkilerin gelişmesinde uygun sıcaklık ortamlarının sağlanmasına yardımcı olur (Ebbesen, 1997).

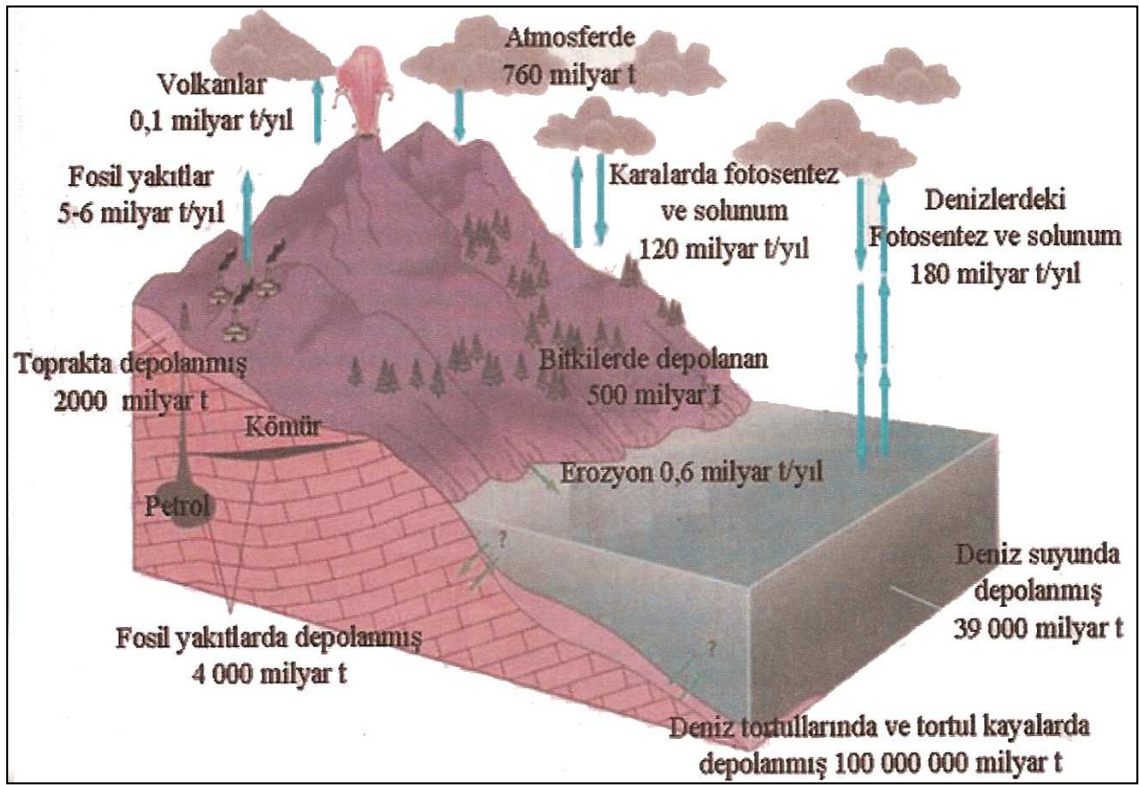
Karbonun atmosfer, canlılar ve karalar ile sular arasında yer değiştirmesi olayı karbon döngüsü olarak adlandırılmaktadır. Atmosferdeki karbon, karalardaki ya da sulardaki fotosentez yapan canlılar tarafından (bitkiler, fitoplanktonlar vb.) bağlanmaktadır. Karbon daha sonra besin zinciri aracılığıyla fotosentez yapabilen canlılarla beslenen hayvanlara geçmektedir. Bu aşamadan sonra ya solunum ile atmosfere CO<sub>2</sub> olarak dönmekte ya da canlıların ölmesi ile toprakta veya sularda birikmektedir. Organik atıkların buralarda ayrışması ile tekrar CO<sub>2</sub> olarak atmosfere ulaşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Orman ekosistemlerinde karbon döngüsü (Lal, 2004'ten değiştirilerek)

Küresel karbon döngüsünde karalardaki bitkiler tarafından her yıl yaklaşık 60 milyar ton karbon alınmakta ve bir bu kadar karbon da solunum ile atmosfere verilmektedir. Benzer şekilde okyanuslardaki canlıların fotosentez ve solunumunda kullanılan karbon miktarı toplam 180 milyar tondur (Janzen, 2004). Doğal koşullarda fotosentez ile bağlanan karbon, solunum ile harcanan karbondan bir miktar daha fazladır. Böylece karbon canlılarda bitkisel veya hayvansal kütle olarak bağlanmaktadır. Karasal ekosistemlerdeki vejetasyonda toplanmış olan karbon miktarı 500 milyar ton dolaylarındadır. Karalarda karbon sadece bitkilerde değil aynı zamanda topraklarda da depolanmaktadır. Topraklarda depolanan karbon miktarı yaklaşık olarak 2000 milyar tondur (1 m derinlikteki topraklar için). Okyanuslarda depolanmış olan karbon ise 39.000 milyar ton civarındadır (Janzen, 2004) (Şekil 2). Karbon ayrıca  $\text{CaCO}_3$  gibi değişik formlarda inorganik olarak da depolanmış haldedir. Yeryüzündeki tortul kayalarda ve deniz diplerinde oldukça önemli miktarlarda inorganik formda karbon bulunmaktadır. İnorganik formdaki karbon küresel karbon döngüsü açısından çok önemli değildir. Yıllık olarak atmosferden alınarak bitkisel veya hayvansal kütlede biriktirilen karbonun 1990–1999 yılları arasında karalarda  $1,4 \pm 0,5$  milyar ton, okyanuslar ile denizlerde  $1,7 \pm 0,7$  milyar ton

kadar olduğu tahmin edilmektedir (IPCC, 2007). Böylece yıllık olarak toplam 3,1 milyar ton karbon atmosferden alınarak çeşitli şekillerde depolanmaktadır. Ancak buna karşılık ısınma, sanayi ve ulaşımda fosil yakıtların kullanılması ile atmosfere yıllık olarak 6,3 milyar ton (90'lı yılların ortalaması) karbon emisyonu olmaktadır. Neticede yıllık olarak atmosferdeki karbon miktarı 3,2 milyar ton kadar artmaktadır (IPCC, 2007). Yani doğal koşullarda devam eden küresel karbon döngüsünde atmosferdeki karbonun bitkiler tarafından bağlandığı, topraklarda ve sularda depolandığı için sürekli olarak azalma eğiliminde olması beklenir, ancak fosil yakıtlarda depolanmış olarak bulunan karbon, bu fosil yakıtların kullanılması ile karbon döngüsüne katıldığı için karbonun atmosferdeki miktarı sürekli artmaktadır.



Şekil 2. Küresel karbon döngüsü (Botkin ve Keller 1995 ve Janzen 2004'ten değiştirilerek)

2002 yılında dünyadaki CO<sub>2</sub> salınımlarının toplamı 24126 milyon ton olmuştur. Buna göre 2002 yılında CO<sub>2</sub> emisyonlarında %24,3'lük pay ile A.B.D. birinci sırada, Çin ise %14,5 ile ikinci sırada, Rusya ise %5,9 ile üçüncü sırada yer almıştır. Yapılan hesaplamalara göre 2010 yılında Çin CO<sub>2</sub> emisyonlarında dünyada birinci sırayı alacaktır. Endüstriyel gelişme ve insan nüfus patlamasından önce atmosferdeki karbondioksit seviyesi yaklaşık 280 ppm (bir milyondaki bölümü) iken, 2005 yılında

379 ppm değerine ulaşmıştır (IPCC, 2007). 2006 yılı itibariyle atmosferdeki CO<sub>2</sub> oranının 381 ppm olduğu ve 2000–2006 yılları arasında yıllık ortalama 1,93 ppm kadar arttığı bildirilmektedir (Canadell et al., 2007). Yirmi birinci yuzyılın ortalarına doğru bu değerlerin doğal olan geğmişteki miktarının yaklaşık iki katına (500 – 600 ppm) ulaşabileceği bildirilmektedir (Bacastow and Keeling, 1981; Neftel et al., 1982).

Atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in miktarının artması, bitki yaprakları içindeki CO<sub>2</sub>'in miktarının birçok durumda fotosentezin oranına karar vermesi kadar, alan ekosistemlerinin temel uretkenliğini de teşvik edebilmektedir. Eğer birincil net uetkenlikteki artış topraklarda ve alan bitki uirtusu içindeki karbonun daha uzun dönemde depolanmasını sağlarsa, ormanların gelişmesi fosil yakıtlarının yanmasından gelen atmosfer içindeki CO<sub>2</sub> yukselmesini durdurabilir. Bununla beraber, birçok bilim adamı bunun doğal sistemlerin geniş bir şekilde kullanılabilir su, besin elementleri ve ışık tarafından sınırlandırılması nedeniyle olanaksız olduğuna inanmaktadır (Kramer, 1981). Ormanlar diğer ekosistemlerle karşılaştırıldığında daha yusek net ilksel uetirme sahiptirler. Ormanlarda görülen 400–1000 gC/m<sup>2</sup>/yıl'lık net toprak uсті net ilksel uetimi otlak alanın iki katının uzerinde ve açık okyanustan ise bir kaç kez daha yuyktuş (Schlesinger, 1977).

Atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in emilerek biyokütleye dnuştrlmesi suretiyle ormanlarda karbon birikimi gerçekleşmektedir. Karbon, ağaçların gövdeleri, dalları, yaprakları ve köklerinden oluşan canlı biyokütle ile l uirtu, toprak organik maddesi ve diğer maddelerden oluşan cansız biyokütlenin yanı sıra orman uşnlerinde depolanmaktadır. Ormanlar birim alanda bağladıkları karbonun fazlalığı ve bağladıkları bu karbonu uzun yıllar bünyelerinde tutabilme özelliklerinden ötürü küresel ısınmayı yavaşlatma açısından diğer ekosistemlere göre çok daha yuyk bir potansiyele sahiptir. Toprak ve vejetasyondaki biyokütle miktarını etkileyebilecek insan kaynaklı veya doğal herhangi bir müdahale, salınan veya bağlanan karbon miktarını da etkileme potansiyeline sahiptir. Ormanların tahrip edilmesi de bunu tetiklemektedir. Klötzli (1980)'e göre özellikle tropik ormanların tahribi ile kaybedilen orman alanı yılda yaklaşık olarak 0.3 milyon km<sup>2</sup> dir. Bu olay 400 milyar ton oksijen tüketilmesi ve 550 milyar ton karbondioksit uetilmesi sonucunu doğuracaktır. Bu da atmosferin karbondioksit yoğunluğunu, dolayısıyla küresel



ısınma hızını arttıracaktır. Dünyada her yıl yaklaşık 17 milyon hektar orman yok edilmektedir. Böylece bu ormanların fotosentezle tüketecekleri yıllık 204–510 milyon ton karbondioksit atmosferde depolanacaktır. Ülkemizde ise 1950–1997 yılları arasında 2,6 milyon hektar orman yok edilmiştir (Çağlar, 1998). Bu tahribatın 47 yıllık bilânçosunun 1,4–3,7 milyar ton karbondioksit emisyonu olduğu hesaplanmıştır. Bu sayısal değerler ormanların tahribi ile atmosferin karbondioksit dengesinin, dolayısıyla küresel ısınma hızının nasıl etkilendiğini göstermektedir.

Karbon depolanması üzerinde sadece orman ağaçlarının önemli bir işlevi olduğu zannedilmekte, orman topraklarının etkileri ise göz ardı edilmektedir. Nitekim karasal ekosistemlerde depolanmış olan toplam 2500 milyar ton karbonun 2000 milyar tonu topraklardadır. Orman topraklarında tarım ve otlak topraklarına göre daha fazla karbon biriktirilebilmektedir. Orman topraklarında karbon birikimi, yaprak dökümü ile organik madde girişi ve organik maddenin ayrışması arasındaki ilişki ile belirlenmektedir. Bitkilerde depolanan karbon, ya ölü organların toprak üzerinde birikmesi ile ölü örtüyü oluşturmakta ya da hayvanlar tarafından yenilerek bunlara geçmekte ve solunum ile atmosfere dönmektedir. Bitkisel kütle odun hammaddesi üretimi ve diğer bitkisel kökenli ürünlerin toplanması ile ekosistemin dışına çıkmaktadır. Bu sırada oluşan kesim artıkları da toprak üzerindeki ölü örtüye karışmaktadır. Ölü örtüdeki organik maddeler ya burada ayrışarak CO<sub>2</sub> şeklinde atmosfere dönmekte ya da bu ölü örtünün ayrışması sonucunda oluşan humus ile diğer ayrışma ürünleri mineral toprağa yağış suları ile sızmaktadır (Kantarcı, 2000). Böylece organik karbon toprakta depolanmaktadır. Ayrıca ölü kökler ve toprakta yaşayan canlıların ölü artıkları da toprak organik maddesine eklenmektedir. Gerek yaprak dökümü ve ölü örtü oluşması, gerekse bunların ve toprak içindeki organik karbonun ayrışması üzerinde iklim, yeryüzü şekilleri, ağaç türleri, meşcere özellikleri, silvikültürel müdahaleler, toprak özellikleri, arazinin işlenmesi, erozyon gibi çeşitli faktörler etkili olmaktadır (Tolunay, 2007).

Toprak organik maddesinin asıl kaynağı ölü örtü ayrışması sonucunda toprağa sızan veya karışan organik maddelerdir. Bu sebeple ölü örtü ayrışması ile toprak organik maddesi arasında kaçınılmaz bir ilişki mevcuttur. Ölü örtü ayrışması, orman ekosistemi içinde yer alan ağaçların gelişmesi için gerekli olan besin elementlerinin sağlanması, bu besin elementlerinin döngü süreçlerinde bir besin deposu olması

yanında, ortamda yaşayan toprak mikro ve makro organizmaları için bir enerji kaynağıdır (Heal et al., 1997). Ölü örtünün ayrışma oranlarının ve ayrışmaya etki eden faktörlerin neler olduğunun belirlenmesi ölü örtünün doğal ekosistemlerin işlevlerini yerine getirebilmesinde, içinde barındırdıkları toprak organizmaları için gerekli enerjiyi sağlayabilmelerinde ve sistem içindeki besin döngüsünün kesintiye uğramadan devam etmesinde önemli bir yer tutmasından kaynaklanmaktadır. Birçok bilim adamı ölü örtü ayrışmasına etki eden etmenlerin neler olduğunu bulmak için hem arazide hem de laboratuvar ortamlarında birçok bilimsel çalışmalar yapmış, ölü örtü ayrışma modelleri geliştirmeye çalışmıştır (Berg et al., 1993, Sariyildiz ve Küçük, 2008). Yapılan bu çalışmalarda genelde bitkilerin toprak üstü kısımlarının (çoğunlukla yaprak, dal, kütük) ayrışma seyrinin izlenmesi üzerinde durulmakta, çalışılması daha zahmetli ve zaman alan toprak altı (kök) kısmının ayrışma seyri üzerine olan çalışmalar sınırlı olmaktadır (Fujimaki et al., 2008; Chen et al., 2002; Usman et al., 2000; Püttsepp et al., 2007; Harmon et al., 1986). Oysa toprak organik maddesinin önemli bir kısmını oluşturan ölü köklerin ayrışma seyri belirlenmeden, herhangi bir ekosistemdeki karbon döngüsü sürecinin ve etki eden faktörlerin tam olarak anlaşılması eksik kalacaktır.

Bitkilerin hem toprak üstü hem de sınırlı sayıda olsa da toprak altı kısımlarının kullanılarak, şu ana kadar yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, ölü örtünün ayrışması ve besin elementlerinin salıverilmesini etkileyen üç ana faktör bulunmaktadır. Bunlar; (1) ölü örtü ayrışmasının gerçekleştiği ortamın iklim özellikleri (özellikle sıcaklık ve yağış), (2) bu ortamda ayrışmayı gerçekleştiren mikroorganizmaların ve toprak canlılarının sayısı, çeşidi ve aktifliği ve (3) ayrışan ölü örtünün kimyasal bileşenleri (özellikle toplam karbon, azot, hemiselüloz, lignin ve besin elementleri konsantrasyonları yada bunların birbirine olan oranları C:N, lignin:N gibi) (Kurz-Besson et al., 2006). Genel olarak, farklı coğrafik bölgelerde bulunan ölü örtünün ayrışması üzerinde iklim özellikleri etkili olurken, daha sınırlı, yerel alanlarda ise ayrışan ölü örtünün kimyasal yapısının etkisi ön plana çıkmaktadır. Diğer çevre özellikleri ve ayrıştırıcıların aynı olduğu ortamlarda, sıcaklıkta meydana gelebilecek artışla ölü örtü ayrışması arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Hobbie, 1996). Vitousek ve ark. (1994) tarafından yapılan bir

çalışmada, hava sıcaklığında meydana gelen 10 °C lik bir artışın ölü örtü ayrışma oranını 4 ile 11 katı arttırdığı rapor edilmiştir.

Ölü örtünün ayrışmasını etkileyen bu üç ana faktör yanında, toprak özellikleri (Sariyildiz and Anderson, 2005a), ağaç tepe yapısı (Sariyildiz and Anderson, 2003), çevre ve toprak özelliklerine bağlı olarak ağaç üzerindeki farklı iğne yaprak yaş sınıfları (Sariyildiz, 2000) türün kimyasal yapısını değiştirebilmekte ve sonuçta ölü örtü ayrışması önemli derecede etkilenebilmektedir (Sariyildiz and Anderson, 2003). Bazı çalışmalarda ise, herhangi bir türün saf ya da karışık meşcereleri altında oluşan ölü örtülerinin ayrışma ilişkilerinin farklılıklar arz ettiği bildirilmektedir (Gartner and Cardon, 2004; Sariyildiz ve ark., 2005b). Bunların yanında, ormanların altında yetişen çalı türlerinin, ölü örtü ayrışmasını yavaşlattığı veya hızlandırdığı (Ehrenfeld et al., 2001; Standish, 2004) yönünde farklı sonuçlar ortaya konulmuştur.

Lokal alanlarda ölü örtü ayrışma seyri üzerinde ayrışan materyalin biyokimyasal yapısı öne çıkmakla beraber, bu lokal alanların topografik yapıları (bakı, yükselti, eğim) mikroiklim özelliklerini değiştirerek ölü örtü ayrışma seyrini etkileyebilmektedir. Sariyildiz ve ark. (2005c) tarafından Artvin yöresinde yapılan bir çalışmada, farklı türlerin ölü örtü ayrışması üzerinde bakı ve yükseltinin önemli bir etkisinin olduğunu belirlemişlerdir. En yüksek ölü örtü ayrışması en düşük yükseltelerde bulunurken, bunu sırasıyla orta ve üst yükseltiler takip etmiştir. Bakı olarak ise güney bakılardaki ölü örtü ayrışmasının kuzey bakılardan daha hızlı olduğu belirlenmiştir. Yükselti ile ölü örtü ayrışmasındaki azalmanın en önemli etkisi olarak yükselti ile azalan sıcaklık ile mikroiklim özelliklerine bağlı olarak meydana gelen değişimlerin tür bileşimini, toprak özelliklerini, mikroorganizmaları ve türlerin kimyasal bileşenlerini etkilemesinden kaynaklandığı vurgulanmaktadır (Sariyildiz ve ark., 2005c).

Herhangi bir alanda, topografya, iklimsel etkenlerin işlevini geciktirebilir ya da hızlandırabilir (epel, 1984). Eğimli alanlar, arazilerin yüzey erozyonunu arttırma yönündedir. Yağış sularının yüzeysel akıştan önce toprağa az miktarda girmelerine sebep olabilmektedirler. Bu nedenle, toprak oluşumunun daha alt tabakalarda devam etmesini engeller. Yarı kurak alanlarda, eğimli alanlar üzerinde nem daha az etkili olduğundan, daha seyrek, daha az çeşitli bitki örtüsüne rastlanılmaktadır. Bu nedenle

eğimli araziler üzerindeki topraklar, yanındaki arazi ile aynı seviyedeki toprakla karşılaştırıldığında oldukça sığ ve toprak profillerinin zayıf geliştiği görölmektedir. Topografya ana materyalle de ilişki içinde olabilir. Örneğin, tortul kayacıtan oluşan bir ana materyale sahip eğimli bir alanlarda, sırtlar genelde dirençli kumtaşı içerirken vadilerdeki topraklarda daha kolay parçalanabilen kireçtaşı bulunur. Birçok alanlarda, topografya, rezüdiyal, kollüviyal ve allüviyal ana materyalin dağılımını yansıtırlar. Rezüdiyal ana materyal yukarı eğimlerde, aşağı kısımlarda kollüviyal ana materyal ve vadilerin en alt kısmında ise allüviyal ana materyal bulunur.

Topografyanın önemli diğer bir bileşeni olan bakı yine mikroiklim özelliklerinin değişmesine neden olabilmektedir. Bakı faktörü güneşten gelen radyasyonun alınması üzerinde etkili olduğundan, farklı bakılara sahip yamaçlar arasında ısınma dolayısıyla da nemlilik şartları değişik olmaktadır. Bu ise bitki örtüsünün yerleşme, çözüme ve buna bağlı olarak toprak oluşumunu etkilemektedir. Ülkemizde dağların kuzey ve güney yamaçları arasında toprak oluşumu yönünden son derece önemli farklılıklar bulunmaktadır. Çünkü güneye bakan yamaçlar güneş ışırlarını daha dik aldığı için fazlaca ısınmakta ve nispeten kurak ortam oluşurken kuzey yamaçlarda ise daha nemli şartlar hüküm sürmektedir. Buda toprak oluşumu üzerinde etkili olmaktadır. Bakının bir diğer etkisi yağış üzerinde olup, yağışın geldiği cephelere açık olan yamaçlar daha fazla yağış aldığı için yıkanma fazla olmakta dolayısıyla buralardaki topraklar asit reaksiyon göstermektedir. Diğer yamaçlarda ise yağış ve yıkanma az olduğundan topraklar alkalın reaksiyon göstermektedir (Çepel, 1984).

Mikroiklim özelliklerini etkileyen topografyanın diğer bir faktörü de yükseltidir. Yükseltinin artması ile sıcaklık düşer ve belli bir yükseltiye kadar yağış artar (Çepel, 1984). Yükseltinin iklime etkilerine bağlı olarak bir dağ yamacı boyunca farklı toprak kuşakları görülür. Yükseklerle doğru sıcaklığın düşmesi ve kısmen de yağışın artması ile toprak yüzeyinde organik maddenin biriktiği ve yıkanmanın daha fazla olduğu asit reaksiyonlu, hatta podzolleşmiş topraklar görülür.

Bu üç faktörün (bakı, yükselti ve eğim) toprak oluşumunu, kimyasal ve fiziksel özelliklerini etkilediği birçok çalışmada ortaya konulmuştur. Sariyildiz ve ark. (2005c) Artvin yöresinde yaptıkları bir çalışmada, toprak pH, katyon değişimi ve yüzde baz doygunluğunun bakı ve yükseltiye bağlı olarak önemli derecede farklılık

gösterdiğini bildirmişlerdir. Brubaker ve ark. (1993), USA'ya bağılı Nebraska alanlarında, alt yamaçta organik materyal ve kil miktarındaki azalışa paralel olarak, kum ve toz miktarının arttığını bulmuştur. Ayrıca hidroloji vasıtasıyla topografyanın toprağın kimyasal özellikleri üzerine dolaylı etkilerini araştırmış ve alt yamaçta; baz doygunluğu kadar pH, CaCO<sub>3</sub>, değişebilir Ca, Mg 'un da arttığını gözlemlemiştir. Chen ve ark., (1997) Doğu Tayvan'daki dağlık bir alanında toprak pH' sı için bakı ve eğimin kontrol edici bir faktör olduğunu bulmuştur.

Topografya sadece toprak özellikleri ve yaprak ölü örtü ayrışma seyrini etkilememekte aynı zamanda ağaçların kök biyokütlesi üzerinde de etkili olabilmektedir. Tüfekçioğlu ve ark. (2004), Artvin'de, doğu ladini ve doğu kayını meşcerelerinde kök biyoması ve karbon depolamasını incelemişler, güney bakılardaki kök kütlelerinin kuzey bakılara oranla daha fazla olduğunu saptamışlardır (Tüfekçioğlu ve ark., 2004). Fogel, (1983) ibreli ormanlar altındaki kılcal kök kütlelerinin 1000-12600 kg/ha arasında değiştiğini belirtmektedir. Bu değerlere yakın miktarda kök kütleleri Hendrick and Pregitzer, (1993) tarafından meşe, kayın ve akçaağaç karışımından oluşan büklerde belirlenmiştir. Hendrick and Pregitzer, (1993) Amerika'da, Michigan eyaletindeki meşe, kayın ve akçaağaç karışımından oluşan yapraklı ormanlardaki ince kök kütlelerini güneşli bakılarda gölgeli bakılara oranla daha fazla bulmuşlardır. İlgili çalışmada, güneşli bakılardaki kılcal kök kütleleri 9530 kg/ha iken gölgeli bakılarda 7967 kg/ha'dır. Kalyn and Van Rees, (2006) yaptıkları bir çalışmada, yetişkin bir Kara ladin (*Picea mariana* Mill.), Kavak (*Populus tremuloides* Mich x.) ve Jack pine (Çam) (*Pinus banksiana* Lamb.) meşcerelerinin yıllık ince kök kütlelerinin anılan sıralamaya göre ortalama 3.10±0.89, 1.71±0.49 ve 1.62±0.32 Mg(ton)C ha<sup>-1</sup> olduğunu, bunun da toplam meşcere biyomasının %1 ve %6 arasında sorumlu olduğunu belirtmişlerdir. Yıllık ince kök net üretiminin anılan sıralamaya göre 2.66±0.97, 2.03±0.43 ve 1.44±0.43 Mg C ha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup> olduğunu bularak toplam meşcere net üretiminin %41 ve %71 arasındaki değeri içerdiğini bildirmişlerdir.

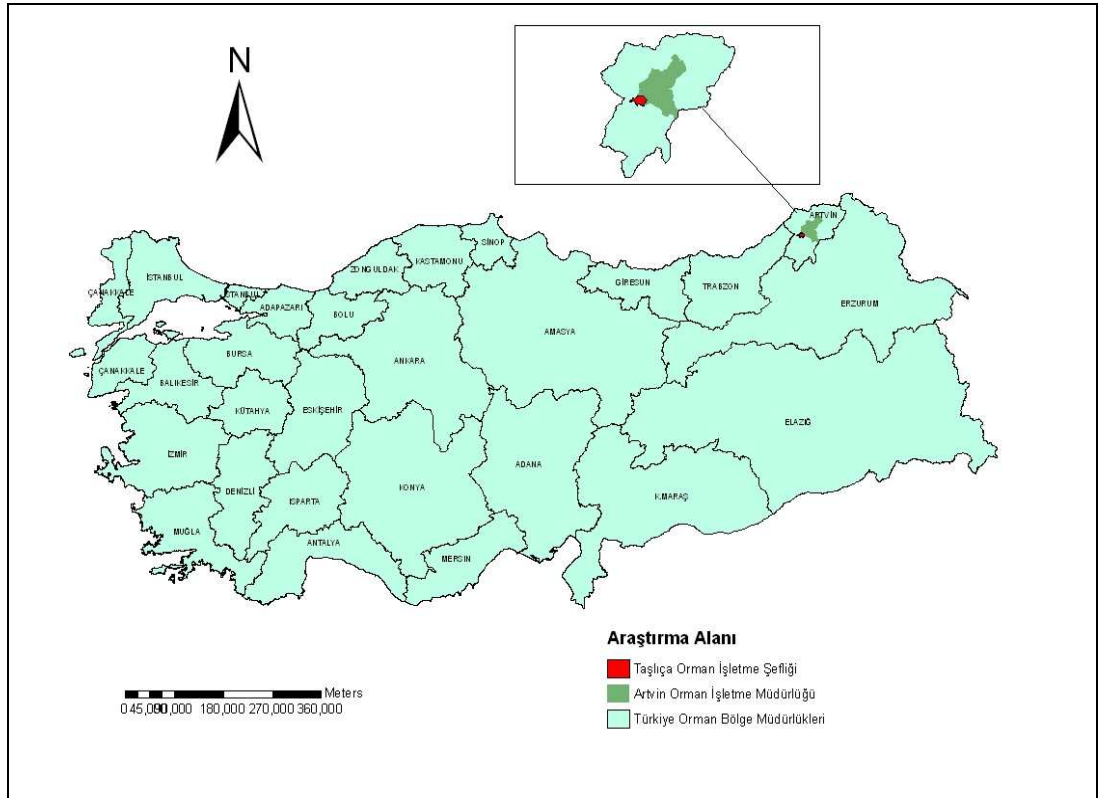
Topografik yapının kök kütle miktarı üzerine olan etkileri, yukarıda verilen örneklerden de anlaşılacağı gibi araştırmacıların konuları arasında yer almakla beraber, topografik yapıların kök ayrışma seyri üzerine olan etkisi çalışılmamış bir konudur. Ülkemizde ise bildiğimiz kadarıyla böyle bir çalışma yapılmamıştır. Burada

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğumuz çalışmadaki ana amacımız ağaç türlerinin kök ayrışma seyri üzerinde topografik özelliklerden bakı ve yükselti ile toprak derinliğinin etkisini araştırmaktır. Bu amaçla iki önemli asli ağaç türlerimizden olan sarıçam ve doğu ladini ile köklerinde azot bağlayan özel bakterileri bulundurması ile dikkat çeken kızılbaş türlerinin kılcal (<2mm) ve ince kökleri (2-5 mm) kuzey ve güney bakıdan ve her bir bakının farklı iki yükseltisinden (alt yükselti-900 m ve üst yükselti-1260 m) alınmış, alınan bu kökler laboratuarda ölü örtü ayrışma poşetleri içine hazırlanmış ve yine araziden alındıkları alanların iki farklı toprak derinliği kademesine (0-10 cm ve 10-20 cm) konularak ayrışmaya bırakılmıştır. Ağaç türleri, bakı, yükselti, toprak derinliği ve kök kalınlıkları arasındaki kök ayrışma farklılıkları ve buna etki eden kimyasal yapı ve mikroiklim özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanının Genel Tanıtımı

Bu çalışma, Türkiye coğrafi bölgelerinden Doğu Karadeniz Bölgesinde, Artvin kent merkezine yaklaşık 8 km uzaklıkta Artvin-Kafkasör mevkiinde Artvin Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı, Taşlıca Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Çalışmalarımız, Artvin-Kafkasör mevkiinin kuzey bakısı (gölgeli bakı) ve güney bakısı (güneşli bakı) ile bu bakıların alt (ortalama 900 m) ve üst (ortalama 1260 m) yükseltilerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanlarının ortalama eğimi kuzey bakının alt yükseltisinde % 45, üst yükseltisinde %30, güney bakının alt yükseltisinde %35 ve üst yükseltisinde % 40 tır.



Şekil 3. Çalışma alanının Türkiye Orman Bölge Müdürlükleri haritasındaki konumu

Zengin bitki örtüsüne sahip olan araştırma alanı, bitki coğrafyası yönünden Euro-Sibirya bölgesinin Kolşik kesiminde bulunmaktadır (Anşin, 1980). Araştırma sahası içinde ve çevresinde endemik ve relik türlere rastlanmaktadır. Alanda yayılan bazı önemli odunsu taksonlar: *Picea orientalis* Link, *Pinus sylvestris* L., *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach subsp. *nordmanniana*, *Fagus orientalis* Lipsky *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner subsp. *barbata* (CA. Meyer) Yalt., *Castanea sativa* Mill., *Quercus hartwissiana* Steven, *Q. petraea* (Matt.) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex M. Bieb.) Krassiln ve *Juglans regia* L. türleridir (Eminağaoğlu ve Anşin, 2005). Bazı önemli otsu taksonlar (Graminea): *Brachypodium pinnatum* L., *Bromus tectorum* L., *Avena sativa* L., *Poa annua* L., *P. trivialis* L., *P. nemoralis* L., *P. bulbosa* L., *Agrostis stolonifera* L., *Dactylis glomerata* L., *Cynosurus echinatus* L., *C. cristatus* L., *Phleum alpinum* L., *P. pratense* L., *Cynodon dactylon* L., Leguminosa; *Trifolium pratense* L., *T. repens* L., *T. arvense* L., *Pisum sativum* L., *Melilotus officinalis* L., *Medicago sativa* L., *Lotos corniculatus* L. türleridir (Eminağaoğlu ve Anşin, 2004).

Çalışma kapsamında doğu ladini, sarıçam ve kızılâğaç türleri seçilmiş olup, kök örneği alımı ve kök ayrışması deneyi bu türlerin altındaki toprakta gerçekleştirilmiştir. Her bir çalışma alanında kök örneği aldığımız yerin etrafında, çapı 8 cm den büyük, alanı en iyi şekilde temsil eden 6 ağacın göğüs yüzeyi çapı (130 cm) ve boyları ölçülmüş, 3-4 hakim ağacın yaşı belirlenmiş ve ortalama sonuçlar Tablo 1’de gösterilmiştir. Ağaçların çapları çap ölçer ile, boyları dijital boy ölçer ile ve yaşları ise artım burgusu yardımıyla ölçülmüştür. Meşcere kapalılığı tahmini olarak belirlenmiştir. Meşcere kapalılığını yorumlamada, “Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine, Uygulanmasına ve Yenilenmesine Dair Yönetmelik” teki kapalılık sınıflaması kullanılmıştır. İlgili yönetmeliğe göre kapalılık derece üzerinden yüzde ile ifade edilmiş ve sıra ile (0,1,2,3,4,5) rakamları ile gösterilmiştir. Bunlar;

(0) Boşluklu kapalı: Tepe kapalılığı % 10 ve daha az,

(1) Gevşek kapalı: Tepe kapalılığı % 11- % 40'a kadar,

(2) Orta kapalı: Tepe kapalılığı % 41- % 70'e kadar,



(3) Kapalı ve tam kapalı: Tepe kapalılığı % 71- % 100'e kadar,

(4) Sıkışık veya girift kapalı: Tepe kapalılığı % 100'den fazla,

(5) Dikine kapalı: (Seçme kuruluşundaki meşcereler için.)

Çalışma alanlarımız arasındaki en yaşlı tür güney bakının üst yükseltisinde bulunan doğu ladini (68 yaş), en genç türümüz ise kuzey bakının üst yükseltisinde bulunan kızılbaş (25 yaş). Çalışma alanında sarıçam, doğu ladini ve kızılbaş türleri güney bakılarda kuzey bakılara göre genel olarak daha yaşlıdır. Çalışma alanlarımız içindeki sarıçam türünün genel yaş ortalaması 47, doğu ladininde genel yaş ortalaması 57, kızılbaşta ise genel yaş ortalaması 32'dir. Yani çalışma alanlarımız arasında en genç tür kızılbaş türüdür. Kuzey bakılarda her üç türde de alt yükseltilerdeki ağaçlar daha yaşlıdır. Güney bakılarda ise kuzey bakıların tersine, her üç türde de üst yükseltilerde yaş ortalaması daha fazladır (Tablo 1). Boy olarak en uzun tür 17 m ile güney bakının üst yükseltisinde bulunan doğu ladini iken en kısa tür güney bakının alt yükseltisindeki sarıçamdır. Güney bakıdaki türlerin boy uzunlukları genel olarak kuzey bakıdaki türlere göre daha uzundur. Kuzey bakılarda alt ve üst yükselti arasında net bir boy değişikliği olmamasına karşın güney bakılarda her üç türde de üst yükseltilerde ölçülen boylar alt yükseltideki boylara göre daha yüksektir. Göğüs çapı kalınlığı olarak türler ele alındığında en kalın tür güney bakının üst yükseltisinde bulunan doğu ladini iken, en ince tür kuzey ve güney bakıların alt yükseltilerindeki sarıçamdır. Kuzey bakılardaki çap kalınlıkları hemen hemen birbirine yakınlık gösterirken güney bakıda üst yükseltilerdeki çap kalınlıkları dikkat çekmektedir. Sarıçam kuzey ve güney bakılarda üst yükseltilerde daha kalın çap yaparken, doğu ladini ve kızılbaş güney bakıda üst yükseltilerde daha kalın çap yapmıştır (Tablo 1).

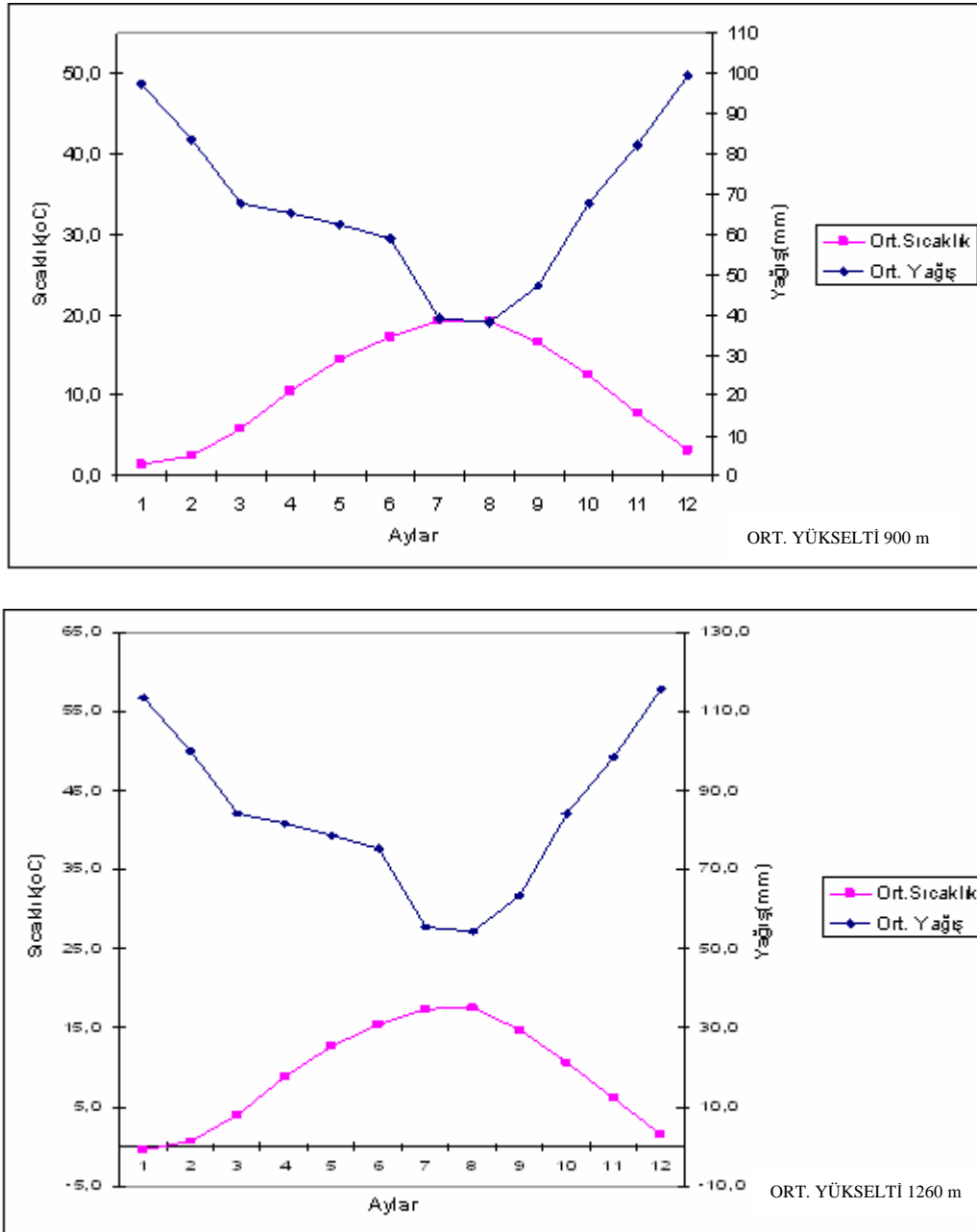
Tablo 1. Türlerin farklı bakı ve bu bakıların farklı yükseltilerindeki ortalama yaş, boy ve göğüs çapı değerleri ile kapalılık dereceleri

Tür	Bakı	Yükselti	Yaş ort. (yıl)	Boy ort. (m)	Göğüs Çapı ort. (cm)	Kapalılık Derecesi	
Sarıçam	Kuzey	Alt	54	9	18	2	
		Üst	41	11	26	2	
	Güney	Alt	29	6	18	2	
		Üst	63	15	25	2	
	D.Ladini	Kuzey	Alt	52	10	22	2
			Üst	44	10	20	2
Güney		Alt	61	14	34	2	
		Üst	68	17	39	2	
Kızılağaç	Kuzey	Alt	35	9	19	1	
		Üst	25	8	19	1	
	Güney	Alt	28	7	13	1	
		Üst	39	13	30	1	

## 2.2. İklim Özellikleri

Artvin ili iklim özellikleri itibariyle kıyı ve kıyı ardı olmak üzere iki bölüme ayrılabilir. Kıyı şeridinde nemli bir iklim görülürken, yükseklerde nemli, iç kesimlere doğru gidildikçe yarı nemli, yarı kurak ve hatta kurak bir iklim görülmektedir. Çalışma alanlarının iklim verileri, alana en yakın Artvin İli Merkez Meteoroloji İstasyonunun (628 m- kuzey bakı) 1980-2005 verilerinin çalışma alanlarının 900 m ve 1260 m yükseltilerine enterpole edilmesiyle belirlenmiştir (Tablo 2). Elde edilen enterpole değerlere göre, çalışma alanımızın yıllık toplam yağış miktarı en alt yükseltide 812.9 mm, en üst yükseltide 1021.0 mm, yağışın en yüksek olduğu ay üst yükseltide Aralık (113.3 mm), alt yükseltide Aralık (99.6 mm), en düşük olduğu ay üst yükseltide Ağustos (52.2 mm), alt yükseltide Ağustos (38.3 mm) tur. Mevsimler itibariyle yağış rejimi ilkbahardan yaza doğru hızla azalmaktadır. En yağışlı mevsim kış (107.7 mm), en kurak mevsim ise yazdır (45.7 mm). En sıcak ay Temmuz (22.0 °C), en soğuk ay Ocak (-3.2 °C) olmuştur. Yıllık ortalama sıcaklık 10.1 °C dir.

Walter yöntemine göre çizilen enterpole sıcaklık-yağış grafiğinden anlaşılacağı üzere 900 m ve 1260 m yükseltilerindeki çalışma alanlarımızda su açığı bulunmamaktadır (Şekil 4). 900m yüksekliğinde sadece 7. ve 8. aylar arasında sıcaklık ve yağış eğrileri birbirine çok yaklaşmakta, bunun haricinde her iki yükseltide de su açığı bulunmamaktadır.



Şekil 4. Walter yöntemine göre alt ve üst yükseltiye ait sıcaklık-yağış grafiği

Tablo 2. Artvin Meteoroloji İstasyonu 1980-2005 ölçüm yıllarına ait iklim verilerinin 900 m ve 1260 m yükseltilerine enterpole edilmiş değerleri

Artvin-Kafkasör 900 m													
Enlem: 41°51' N													
Boylam: 41° 06' E													
1980-2005 ölçme yıllarına ait enterpole İklim değerleri	A Y L A R												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık (°C)	1.3	2.4	5.7	10.6	14.5	17.2	19.1	19.2	16.5	12.4	7.8	3.2	10.9
Potansiyel Evapotransprasyon (PET)	0.0	2.1	15.9	43.2	82.1	11.2	136.3	126.6	82.8	51.9	22.8	6.4	683.3
Yağış (mm)	97.3	83.6	67.8	65.3	62.5	59.1	39.2	38.1	47.3	67.8	82.2	99.3	809.8
Gerçek Evapotransprasyon (GET)	5.2	6.6	23.1	54.7	84.5	107.1	45.0	29.5	31.3	55.7	25.6	10.6	478.9
Su Noksanı (mm)	-	-	-	-	-	-	78.9	85.6	52.5	-	-	-	217.0
Su Fazlası (mm)	105.7	69.7	31.7	0.8	-	-	-	-	-	-	-	32.9	240.8

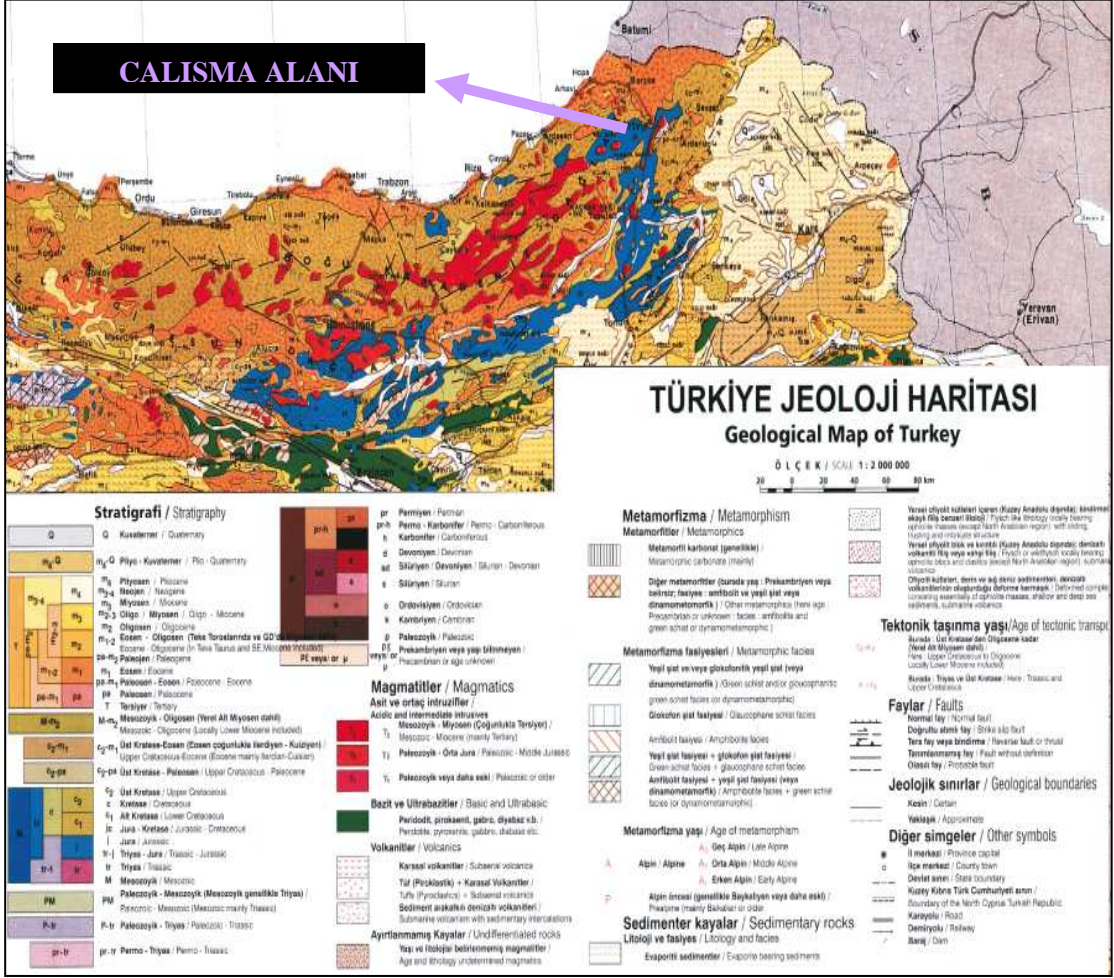
  

Artvin-Kafkasör 1260 m													
Enlem: 41°51' N													
Boylam: 41° 06' E													
1980-2005 ölçme yıllarına ait enterpole İklim değerleri	A Y L A R												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık(°C)	-0.5	0.6	3.9	8.8	12.7	15.4	17.3	17.4	14.7	10.6	6.0	1.4	9.1
Potansiyel Evapotransprasyon(PET)	1.1	2.1	17.6	55.1	91.8	123	146	136	94.9	58.5	22.4	6.0	753.8
Yağış (mm)	113.5	99.8	84.0	81.5	78.7	75.2	55.4	54.2	63.5	84.0	98.4	115.5	1004.2
Gerçek Evapotransprasyon(GET)	1.1	2.1	17.6	55.1	91.8	123	72.3	46.3	48.1	58.5	22.4	6.0	544.2
Su Noksanı (mm)	-	-	-	-	-	-	73.6	89.2	46.8	-	-	-	209.7
Su Fazlası (mm)	126.6	91.0	54.0	17.2	-	-	-	-	-	-	-	88.3	377.1

### 2.3. Jeolojik Yapı ve Genel Toprak Özellikleri

Artvin, Kuzey Anadolu orojenik kuşağı içinde yer almaktadır. Bölgenin en eski arazisini meydana getiren metamorfik seri, Çoruh Nehrinin aşağı kesimlerinden başlayarak Zeytinlik Köyü üzerinden kuzeydoğuya doğru yayılmaktadır. Seri içerisinde kuvars, piritli siyah şist, metamorfoze olmuş lavlar, mikaşistler, kloritli, biyotitli ve feldspatlı şistler, kloritli ve biyotitli gnayslar ve bunların içine sokulmuş iri taneli, pembe renkli granit ve granodioritler bulunmaktadır (Gattinger, 1962; Ketin, 1954). Metamorfik serinin üstüne gelen Jura alt kretase serisi gelmektedir. Bu seri alt kısımlarında koyu renkli diabaz, serpantin, andezit, marnlı ve tüflü kalkerlerden meydana gelmektedir. Artvin ve yöresinin en büyük jeolojik ünitesi üst kretase volkanik serisi ve volkano-sedimanter serisidir. Bu seri, asit ve nötr lavlarla bunlara ait anglomera ve tüflerden, bunlar arasında ince yataklar halinde yer alan ve çoğunluğu kırmızı renkli olan marn ve kalker tabakalarından meydana gelmektedir. Lav serisi içerisinde dasit, andezit, kiperit, kuvarsporfirler bulunmaktadır (Demirsu, 1954).

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış Türkiye jeoloji haritasına göre Artvin serisinde Artvin şehir merkezi çıkış noktası olarak esas alındığında serinin kuzeyini yaşı ve litolojisi belirlenmemiş magmatikler oluşturmaktadır. Serinin güneyi Mesozoic ve Jura-Kretase devrine aitken, doğu kısmı Permo-Triyas zamanının Üst Krease-Eosen devrine ait kayalardan ve batı kısmı Mesozoik devrinden ayırtlanmamış (ayrılmamış, tefrik edilmemiş) kayalardan oluşmaktadır (MTA, 1989) (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma alanının Türkiye Jeoloji Haritasındaki yeri

Araştırma sahası genelinde kahverengi orman toprakları hakim durumdadır. Araştırma sahası yakın çevresinde yapılan bazı çalışmalarda, toprakların hafif asit, kumlu tozlu balçık tekstürde, yer yer sığ alanlar olmakla birlikte toprakların derin ve az veya orta seviyede taşlı ve erozyona duyarlı olduğu bildirilmiştir (Sariyildiz ve ark., 2005c; Sariyildiz ve ark., 2008). Çalışma alanlarına ait belirlediğimiz bazı toprak özellikleri ile ilgili bilgiler bulgular kısmında açıklanacaktır.

#### 2.4. Arazide ve Laboratuarda Yapılan Çalışmalar

Haziran ayı ortalarında çalışma alanının kuzey ve güney bakılarının alt ve üst yükseltilerinde bulunan doğu ladini, sarıçam ve kızılçam türlerinin altından, kazma ile kazılarak ortaya çıkarılan köklerin çapı 5 mm den küçük olanları elle toplanıp, naylon poşetlere konulmuş, etiketlenmiş ve laboratuara getirilmiştir. Bu kökler

laboratuarda dijital hassas kumpas kullanılarak her bir tür için 2 mm den küçük ve 2-5 mm arasında olacak şekilde sınıflandırılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. 2 mm den küçük kılcal kökler ve 2 – 5 mm arasındaki ince kökler

Çalışma alanlarının topraklarının bazı özelliklerini (hacim ağırlığı, pH, tekstür, organik madde) belirlemek amacıyla kök örneklemesinin yapıldığı araziden toprak örnekleri alınmıştır. Hacim ağırlığını ölçmek için toprak doğal yapısını bozmadan silindir örneği, diğer toprak özelliklerini bulmak için bunun yanında bir miktar yapısı bozulmuş toprak örnekleri alınıp etiketlenerek naylon poşetlere konulmuştur (Şekil 7). Toprak hacim ağırlığı, toprak içindeki boşluklar dikkate alınarak birim hacimdeki toprağın ağırlığı olarak hesaplanmıştır. Bunu tespit etmek için doğal konumdaki hacmi belli bir toprak örneği araziden alınıp laboratuara getirilmiş ve tartılmıştır. Bu, toprağın o andaki yaş ağırlığıdır. Bu örnek 105 °C deki fırına konulmuş ve ağırlığın değişmediği sabit kaldığı ana kadar fırında tutulmuştur. Ağırlık sabit kaldığı anda fırından çıkartılmış ve tartılmıştır, bu da toprağın kuru ağırlığı olarak kaydedilmiştir. Fırına konduğu yaş ağırlıktan, fırından alındıktan sonraki kuru ağırlığı çıkarıldığında toprak içindeki uçan suyun miktarı bulunmuştur. Toprağın kuru ağırlığı toprak hacmine bölünüp toprağın hacim ağırlığı  $gr/cm^3$  olarak bulunmuştur.

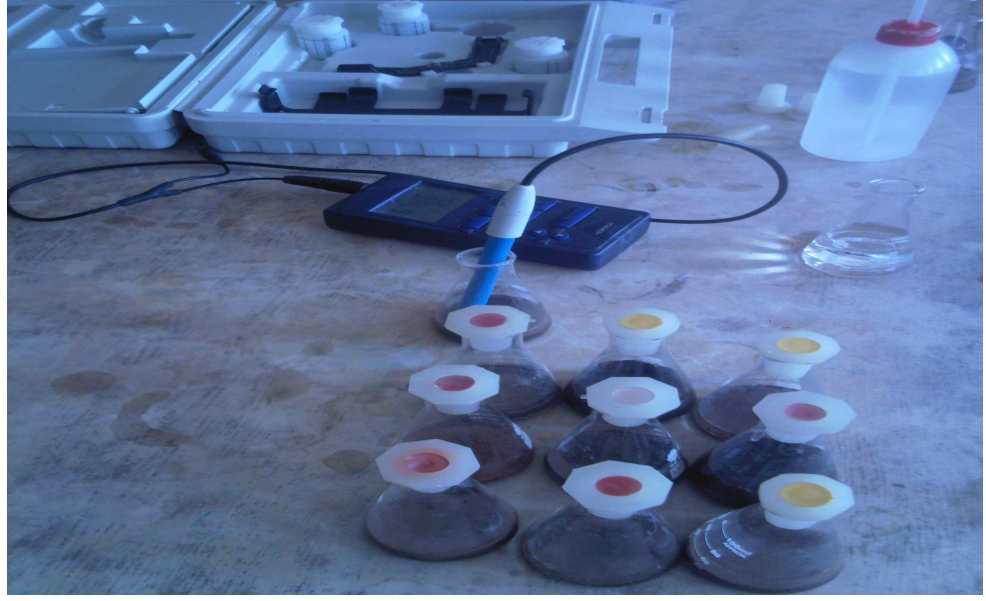


Şekil 7. Toprak hacim ağırlığını belirlemek için araziden alınan silindir örnekleri ve diğer toprak özelliklerini belirlemek için alınan toprak örnekleri

Araziden alınan yapısı bozulmuş toprak örnekleri, Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı laboratuvarında kâğıt üzerinde kurutulup hava kurusu hale getirilmiştir. Hava kurusu hale getirilen bu örnekler porselen havanda dövülmüş, sonra 2 mm'lik elekten elenmiş ve poşetlere koyularak etiketlenmiştir. Bazı kimyasal analizler için her bir toprak örneğinden yeterli miktarda toprak yine havanda dövülerek 0,5 mm'lik elekten elenmiş, etiketlenmiş ve poşetlere koyulmak suretiyle analize hazır hale getirilmiştir.

Toprak pH'sı 1/2.5 toprak-su karışımında belirlenmiştir (Şekil 8). Toprak organik maddesi Kalra ve Maynard (1991) tarafından değiştirilmiş Walkley Black metoduyla bulunmuştur. Toprak tekstürü ise (kum, toz ve kil miktarları) Bouyoucos'un hidrometre metoduyla bulunmuştur (Bouyoucos, 1936).





Şekil 8. Toprak pH'sının 1/2.5 toprak-su karışımında belirlenmesi

İki milimetreden küçük ( $< 2$  mm) ve 2-5 cm arasındaki kök örneklerinin arazideki kütle kaybını belirlemek amacıyla, 20 x 20 cm genişliğinde, 1 mm den daha küçük gözeneklere sahip ölü örtü ayrışma poşetleri hazırlanmıştır. Her bir poşet içerisinde 1 gram kök olacak şekilde, poşetlere 2 mm den küçük olan doğu ladini, sarıçam ve kızılğaç türlerinin kök örnekleri ile 2 mm den büyük sadece sarıçam ve kızılğaç kök örnekleri ayrı poşetler olarak hazırlanmıştır. Kökler farklı bakılardan ve yükseltilerden alındığından kimyasal bileşenleri de farklılık gösterecektir. Sadece iklim özelliklerinin kök ayrışması üzerine olan etkisini belirleyebilmek için kimyasal yapısı aynı olan 2 mm den küçük sarıçam ve doğu ladini kök örnekleri standart kökler olarak ayrı poşetler içinde hazırlanmıştır. Hazırlanan bu poşetler, kök örneklerinin alındığı çalışma alanlarının mineral topraklarının üst (0-10 cm) ve alt (10-20 cm) derinlik kademelerine yerleştirilerek üzerleri toprakla örtülmüştür (Şekil 9). 2 mm den küçük kökler ile standart köklere ait ayrışma deneyi kuzey ve güney bakılar ile bu bakıların alt ve üst yükseltilerinde gerçekleştirilirken, 2 mm den büyük olan sarıçam ve kızılğaç köklerine ait ayrışma deneyi ise sadece kuzey bakının alt ve üst yükseltisinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Toprağın 10-20 cm derinlik kademelerine bırakılan ölü örtü ayrışma poşetleri

Her bir deneme alanından 9., 15. ve 24. ayda olmak üzere toplam 3 örnekleme yapılmıştır. Her bir örnekleme zamanında, her bir bakının bir yükseltisinden 42 adet poşet [ $< 2$  mm kök örneği (3 tür x 2 derinlik kademesi x 3 tekrar = 18) + 2-5 cm arasındaki kök örneği (2 tür x 2 derinlik kademesi x 3 tekrar =12) + standart (2 tür x 2 derinlik kademesi x 3 tekrar =12) = 42 adet] olmak üzere toplam da ise 168 ölü örtü poşeti alınmış ve laboratuara getirilmiştir (Şekil 10). Araziden alınan kökler, yabancı maddelerden temizlendikten sonra, laboratuarda ilk önce hava kurusu hale getirildikten sonra, 40 °C'ye ayarlanmış fırında 48 saat bırakılarak fırın kurusu hale getirilmişlerdir (Şekil 11). Bir miktar kök örneği, başlangıçtaki nem miktarları belirlemek için 85 °C'ye ayarlanmış fırına konulmuş ve fırın kurusu hava kurusu farkından yararlanılarak başlangıçta içerdiği yüzde nem miktarı belirlenmiştir. Fırın kurusu haldeki köklerin bir kısmı ise yavaş bir şekilde elle kırılmış, daha sonra bunlar plastik poşetlere konularak kimyasal analiz için saklanmıştır. Saklanan bu örnekler daha sonra 85 °C'ye ayarlanmış fırında kurutulmuş ve bitki öğütme değirmeninde öğütülerek 1 mm den daha küçük hale getirilmiştir. Öğütülen örneklerin içerdikleri azot, fosfor ve potasyum, konsantrasyonları özel bir laboratuara (Antalya Laben Toprak ve Yaprak Kimyasal Analiz Laboratuvarı) gönderilerek belirlenmiştir. Besin elementlerinden azot, Kjeldahl digestion metodu; fosfor,

molibden blue metodu ile; potasyum ise atomik absorpsiyon cihazında belirlenmiştir. Bütün kimyasal analizler üç tekrarlı yapılmıştır.



Şekil 10. Araziden alınıp hava kurusuna bırakılan kök örnekleri



Şekil 11. Yabancı maddelerden temizlenen köklerin fırın kurusu haline getirilmesi

Ayrışma sabitesi (k) Olson'in (1963) ayrışma modelinde kullandığı ve günümüzde de yaygın olarak kullanılan  $W_t / W_0 = e^{-kt}$  formülüne göre hesaplanmıştır. Burada,  $W_t = t$  zamanındaki kalan kütleyi,  $W_0$  ise başlangıçtaki kütleyi ifade etmektedir. Yine Olson tarafından kullanılan, %95 kütle azalması için gerekli olan zaman  $T_{95} = 3/k$  formülünden yararlanarak hesaplanmıştır.

Yapılan istatistik analizler, dünya çapında bütün üniversitelerde kullanılan bir istatistik programı olan SPSS istatistik programı ile yapılmıştır.

Araziden kök örnekleme yapıldığı zamanda ve hava şartlarının izin verdiği ölçüde, kök örneklerinin konulduğu yerler de aylık olarak toprak nemi, toprak sıcaklığı, açık alan sıcaklığı, meşcere altı sıcaklık değer ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Toprak nemi elektronik toprak nemölçer cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Aynı şekilde toprak termometresi kullanılarak toprak sıcaklıkları her bir çalışma alanında ölçülmüştür (Şekil 12). Her bir çalışma alanının kapalılık derecesi aynı olmadığı için her bir alandaki bitki örtüsünün tepe çatılarının toprak yüzeyini ve meşcere içerisini siperleme oranları farklı olacaktır. Bunun için meşcere altı sıcaklıklar her bir çalışma alanında termometre yardımıyla ölçülmüş ve kaydedilmiş, bunun yanı sıra açık alan sıcaklıkları da yine termometre yardımıyla ölçülmüştür ve aralarındaki sıcaklık farkları ortaya konmuştur.



Şekil 12. Çalışma alanlarında meşcere altı sıcaklığı, toprak nemi ve toprak sıcaklığı değerlerinin ölçülmesi

Kök ayrışmasının gerçekleştirildiği alanların toprak solunum değerleri ayrıca belirlenmiştir. Kök ayrışma örneklerinin araziden alındığı zamanda, toprak solunumu her bir tür altında 2 tekrarlı olmak üzere toplam 24 adet solunum örnekleme yapılmıştır. Toprak solunumu soda kireç yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Raich ve Tüfekçioğlu, 2000). Kullanılan bu yöntemde, ortalama 60 gram soda kireci alınarak daha önce darası belirlenmiş kavanozlara konularak içindeki nem içeriğini bertaraf etmek için 105 °C deki kurutma fırınında bir gece bekletilmektedir. Sonra her bir kavanoz tartılmakta ve ağırlıkları not edilerek numaralandırılmaktadır. Daha sonra bu kavanozlar araziye götürülerek deneme alanlarına ağız açık şekilde tek tek bırakılarak yüzey alanı belli olan plastik kovalarla üzerleri kapatılmaktadır. Güneş ısınmasından etkileşimini aza indirmek için kovaların üzerine alüminyum folyo konulmakta ve araziye koyma saatleri not edilmektedir (Şekil 13). Kontrol amaçlı olarak 6 adet kavanozun ağızları 1 dakika açık şekilde bekletilmekte ve ağızları kapatılmaktadır. Bir gün sonra ise arazideki kavanozlar alma saatleri not edilerek ağızları sıkı şekilde kapatılarak laboratuara getirilmektedir. Alınan kavanozlar laboratuarda 105 °C deki kurutma fırınında bir gece bekletildikten sonra tartılmakta ve ağırlık kazanımları hesaplanmaktadır. Daha sonra kontrol kavanozlarındaki ağırlık kazanımları da dikkate alınmak suretiyle formülde gerekli işlemler yapılarak o alandaki günlük toprak solunumu belirlenmektedir.



Şekil 13. Çalışma alanlarında yapılan solunum örnekleme

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Çalışma Alanının Toprak Özellikleri ve Mikroiklimi**

Çalışma alanlarının bazı toprak özellikleri ile ortalama toprak, meşcere altı ve açık alan hava sıcaklık değerleri Tablo 3’de verilmiştir. Çalışma alanlarımızdan kuzey bakıda ve bu bakının alt yükseltisinde sarıçam türünün bulunduğu yerdeki toprak özellikleri kum, kil ve toz oranları anılan sıralamaya göre % 65.8, % 20.56 ve % 13.64 oranları ile kumlu killi balçık türünde iken, güney bakı ve bu bakının üst yükseltisinde doğu ladini türünün olduğu yerdeki toprak özellikleri yine anılan sıralamaya göre % 55.8, % 22.56 ve % 21.64 oranları ile killi balçık türündedir. Çalışma alanlarının diğer toprak özellikleri; organik madde, pH, toprak hacmi, % nem, toprak solunumu, toprak sıcaklığı, meşcere altı sıcaklığı, açık alan sıcaklığı ortalama değerleri incelendiğinde organik madde miktarının kuzey bakılarda daha fazla olduğu görülmektedir. Organik maddedeki bu değişiklik türler arasında da farklılık göstermektedir (Tablo 3). Kuzey bakının alt yükseltisinde sarıçam türünün bulunduğu toprakta ölçülen pH değeri 5.77 iken, doğu ladini için bu değer 4.66 ve kızılçam için ise toprak pH’ı pH 6.55 olarak ölçülmüştür. Güney bakının alt yükseltisinde türlerin anılan bu sıralamasına göre pH değerleri ise 6.51, 5.85 ve 7.18 olarak ölçülmüştür. Aynı şekilde toprak hacmi, % nem ve toprak solunumu değerleri de başlıca değişkenlerimiz olan tür, bakı ve yükseltiye göre değişiklikler göstermektedir. Çalışma alanlarımızda her bir türün altında, iki farklı bakıda ve bu bakıların farklı iki yükseltisinde hava sıcaklıkları, meşcere altı sıcaklıkları ve toprak sıcaklıkları değerleri ölçülmüş ve farklı veriler elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Çalışma alanındaki türlerin, farklı bakı ve bu bakıların farklı yükseltilerindeki toprak özellikleri ve mikroiklim verileri

Tür	Bakı	Yükselti	% Kum	% Kil	% Toz	Toprak Türü	Organik Madde (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Toprak Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	% Nem	Toprak Solunumu (g karbon /m <sup>2</sup> / gün)	Toprak Sıcaklığı (°C)	Meşcere Altı Sıcaklığı (°C)	Açık Alan Sıcaklığı (°C)
Sarıçam	Kuzey	Alt	66	21	13	Kumlu Killi Balçık	7.01	5.77	0.64	27.47	0.81	9.9 ± 1.71	12.33 ± 2.08	15.00 ± 1.73
		Üst	70	19	11	Kumlu Killi Balçık	7.34	5.33	0.59	54.97	0.50	8.07 ± 2.66	11.00 ± 1.73	13.67 ± 1.53
	Güney	Alt	72	18	10	Kumlu Killi Balçık	5.38	6.51	0.6	18.35	1.02	11.73 ± 1.4	14.00 ± 2.00	18.00 ± 2.65
		Üst	58	29	13	Kumlu Kil	5.26	5.88	0.33	18.44	0.96	8.3 ± 3.14	13.00 ± 1.73	16.33 ± 1.53
D.Ladini	Kuzey	Alt	68	21	11	Kumlu Killi Balçık	7.25	4.66	0.49	24.36	0.57	9.83 ± 1.48	12.33 ± 2.08	15.00 ± 1.73
		Üst	44	29	27	Hafif Kil	8.56	6.21	0.51	40.53	0.58	8.6 ± 2.07	10.67 ± 1.53	13.67 ± 1.53
	Güney	Alt	62	22	16	Kumlu Killi Balçık	5.49	5.85	0.85	21.15	0.99	9.67 ± 2.92	13.67 ± 1.15	18.33 ± 2.08
		Üst	56	22	22	Killi Balçık	6.19	7.01	0.51	15.85	0.90	8.27 ± 2.94	12.33 ± 1.53	16.67 ± 1.53
Kızılağaç	Kuzey	Alt	72	19	9	Kumlu Killi Balçık	6.25	6.55	0.45	26.64	1.01	9.93 ± 1.51	12.67 ± 3.21	15.00 ± 2.65
		Üst	46	33	21	Hafif Kil	6.3	6.79	0.39	53.12	0.69	9.53 ± 0.76	12.00 ± 2.65	13.67 ± 2.31
	Güney	Alt	70	14	16	Kumlu Balçık	4.28	7.18	0.39	13.95	1.22	9.97 ± 2.93	15.00 ± 3.00	19.00 ± 2.65
		Üst	46	32	22	Hafif Kil	5.44	4.46	0.5	22.06	1.40	8.87 ± 2.69	14.67 ± 2.08	16.00 ± 2.00

### 3.2. Kılcal Köklerin ( $\emptyset < 2$ mm) 0-10 cm Toprak Derinliğindeki Ayrışması

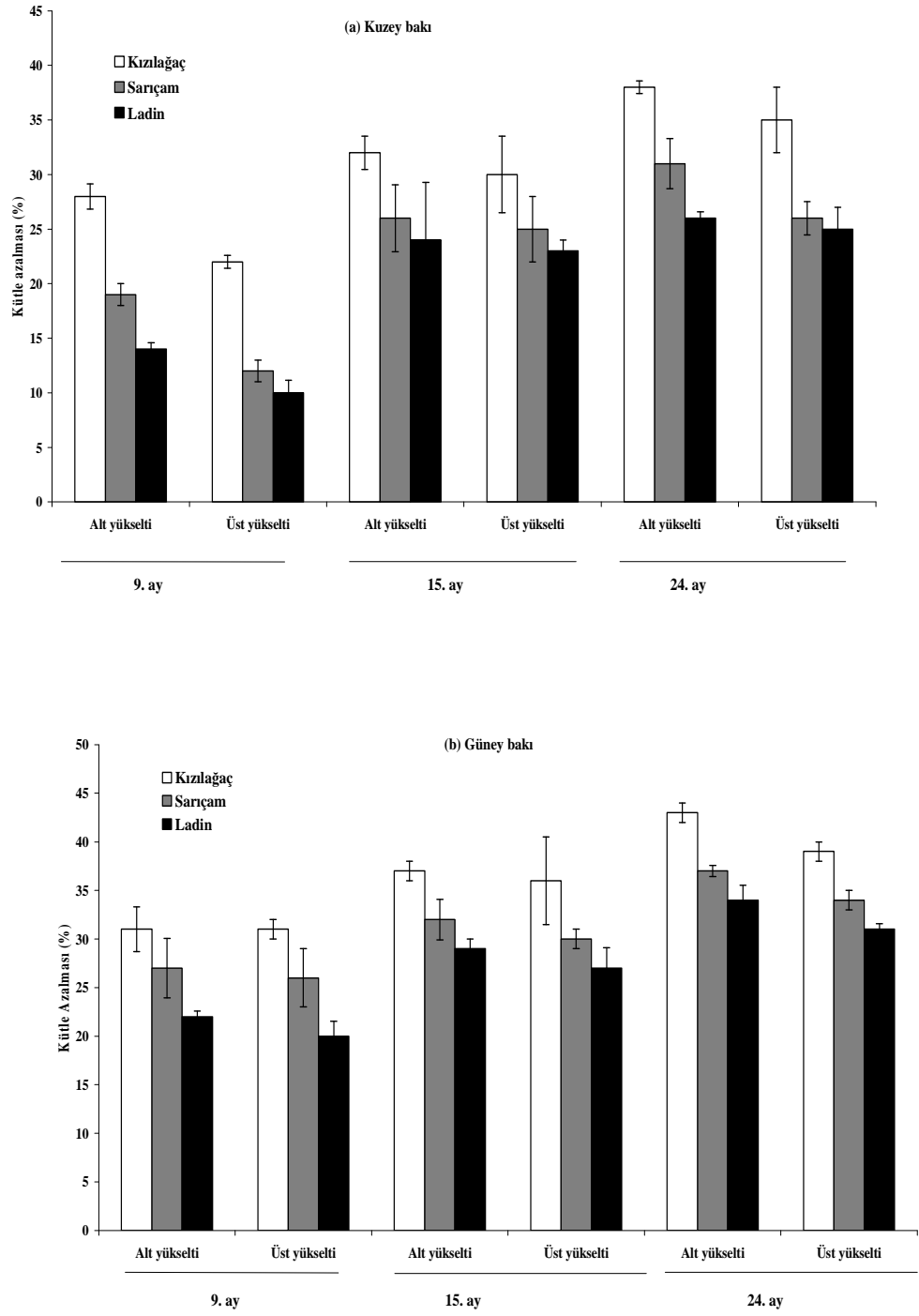
Mineral toprağın 0-10 cm derinlik kademesine yerleştirilen, kıvılcık, sarıçam ve doğu ladini türlerinin kılcal köklerinin ( $\emptyset < 2$  mm), iki farklı bakıda (kuzey ve güney) , her bir bakının iki farklı yükseltisinde (alt-900 m ve üst-1260 m) ve farklı zaman dilimlerindeki (9, 15 ve 24 aylarda) kütle azalması (ayrışma) değerleri Şekil 14’de verilmiştir. Dokuz, 15 ve 24 aydaki kılcal kök kütle azalmaları üzerinde türün, bakının ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkiler sırasıyla Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6’da listelenmiştir. 15 Haziran 2007 – 15 Mart 2008 dönemini kapsayan dokuz aydaki kılcal kök kütle azalmaları üzerinde bakının etkisi en yüksek bulunmuştur (F=276; P<0.001). İkinci en yüksek etki ise tür (F=175; P<0.001) olup onu yükselti takip etmiştir (F=40; P<0.001) (Tablo 4).

Tablo 4. Dokuz (9) aydaki kılcal kök kütle azalmaları üzerinde türün, bakının ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkilerin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SS	df	MS	F	Sig.	Kısmi Eta <sup>2</sup>
Düzeltilmiş Model	4190 <sup>a</sup>	11	380.909	62.444	.000	.920
İntersept	29768	1	29768	4880	.000	.988
Tür (T)	2137	2	1069	175	.000	.854
Bakı (B)	1682	1	1682	276	.000	.821
Yükselti (Y)	242	1	242	40	.000	.398
T x B	74	2	37	6.1	.004	.169
T x Y	3	2	1.50	0.25	.783	.008
B x Y	50	1	50	8.2	.006	.120
T x B x Y	1.33	2	0.67	0.12	.897	.004
Hata	366	60	6.10			
Toplam	34324	72				
Düzeltilmiş toplam	4556	71				

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = .920 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .905)





Şekil 14. 2 mm den küçük kılcal köklerin 0-10 cm toprak derinliğinde kuzey ve güney bakılarda farklı örnekleme zamanlarında farklı türlerde gösterdikleri ayrışma oranları (%)

15 Haziran 2007 – 15 Eylül 2008 dönemini kapsayan on beş aylık süre değerlendirildiğinde kılcal kök kütle azalmaları üzerinde türün etkisi en yüksek bulunmuştur (F=68; P<0.001). İkinci en yüksek etki ise bakı (F=39; P<0.001) olup onu yükseltti takip etmiştir (F=4; P<0.05) (Tablo 5).

15 Haziran 2007 – 15 Haziran 2009 dönemini kapsayan yirmi dört aylık (iki yıllık) süre değerlendirildiğinde, ilk 9 ayda olduğu gibi kılcal kök kütle azalmaları üzerinde bakının etkisi en yüksek bulunmuştur (F=82; P<0.001). İkinci en yüksek etki ise tür (F=60; P<0.001) olup onu yükseltti takip etmiştir (F=18; P<0.05) (Tablo 6).

Her bir deneme alanında ve örnekleme zamanında, çalışılan 3 farklı tür içerisinde, kızılağaç kılcal kökleri en hızlı ayrışmayı göstermiştir. İkinci en yüksek ayrışma değerleri sarıçam kılcal köklerinde belirlenirken, en düşük ayrışma değerleri doğu ladini köklerinde belirlenmiştir (Şekil 14).

Güney bakıya yerleştirilen kılcal kökler kuzey bakıya yerleştirilen kılcal köklerden daha hızlı ayrılmıştır (Şekil 14). Örneğin, 15 ayın sonunda kızılağaç, sarıçam ve doğu ladini kılcal kökleri kuzey bakının alt yükseltisinde anılan sıralamaya göre %32, %26 ve %24 kütle azalması gösterirken, güney bakının aynı yükseltisinde kütle azalması değeri aynı sıralamada %37, %32 ve %29 olarak belirlenmiştir. 24 ayın sonunda yine bu üç türün kuzey bakının alt yükseltisinde anılan sıralamaya göre ayrışma değerleri %38, %31 ve %26 iken, güney bakının aynı yükseltisinde kütle azalması değerleri aynı sıraya göre %43, %37 ve %34 oranında gerçekleşmiştir.

Her bir bakının alt yükseltisine bırakılan kılcal köklerin ayrışması üst yükseltilere bırakılandan daha hızlı olmuştur. Alt ve üst yükselti arasındaki kılcal köklerin ayrışma farklılıkları dokuz aylık dönem içerisinde ilk örnekleme zamanında en yüksek değerde iken bu farklılığın on beş aylık dönemde yapılan ikinci örnekleme içinde kış döneminde azaldığı görülmüştür, ancak 24 ay sonunda ayrışma farklarında tekrar açılma görülmüştür. Örneğin 9 ay sonundaki örneklemede kuzey bakının alt ve üst yükseltisinde ayrılan kızılağaç, sarıçam ve doğu ladini kılcal köklerinin ayrışma farkları anılan sıralamaya göre %6, %7 ve %4 iken, 15 ay sonunda bu farklılıklar aynı sıralamaya göre %2, %1 ve %1 olarak belirlenmiştir. 24 ay sonundaki örneklemede ise yine aynı sıralamaya göre ayrışma farkları %3, %5 ve %1 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5. On beş (15) aydaki kılcal kök kütle azalmaları üzerinde türün, bakının ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkilerin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SS	df	MS	F	Sig.	Kısmi Eta <sup>2</sup>
Düzeltilmiş Model	1961 <sup>a</sup>	11	178.348	16.625	.000	.753
İntersept	58824	1	58824	5483	.000	.989
Tür (T)	1457	2	728	68	.000	.694
Bakı (B)	420	1	420	39	.000	.395
Yükselti (Y)	43	1	43	4	.048	.063
T x B	25	2	12	1	.314	.038
T x Y	0.1	2	0.1	.01	.995	.000
B x Y	2	1	2	.18	.667	.003
T x B x Y	13	2	6.5	.61	.549	.020
Hata	643	60	10.7			
Toplam	61430	72				
Düzeltilmiş toplam	2605	71				

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = .753 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .708)

Tablo 6. Yirmi dört (24) aydaki kılcal kök kütle azalmaları üzerinde türün, bakının ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkilerin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SS	df	MS	F	Sig.	Kısmi Eta <sup>2</sup>
Düzeltilmiş Model	1763 <sup>a</sup>	11	160.307	20.530	.000	.790
İntersept	70125	1	70125	8980	.000	.993
Tür (T)	938	2	469	60	.000	.667
Bakı (B)	642	1	642	82	.000	.578
Yükselti (Y)	141	1	141	18	.000	.232
T x B	7	2	4	.46	.633	.015
T x Y	10	2	5	.64	.530	.021
B x Y	6	1	6	.78	.379	.013
T x B x Y	18	2	9	1.16	.321	.037
Hata	468	60	7			
Toplam	72357	72				
Düzeltilmiş toplam	2231	71				

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = .790 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .752)

Farklı türlere ait 2 mm den küçük kılcal köklerin 0-10 cm toprak derinliğinde iki yıl itibariyle kök ayrışma sabiteleri (k), kalan kütle miktarları ile ayrışan kütlelerinin % 95'inin ayrışması için gerekli süre (T<sub>95</sub> yıl olarak) Tablo 7'de verilmiştir. Kılcal kök ayrışma sabitesi değerleri türler, bakı ve yükselti arasında önemli değişiklik göstermiştir. Kızılağacın ayrışma sabitesi genel olarak en yüksek bulunurken bunu

sırasıyla sarıçam ve doğu ladini izlemiştir. Ayrışma sabiteleri kullanılarak hesaplanan  $T_{95}$  (yıl) değerleri güney bakı ve her iki bakının alt yükseltilerindeki köklerde en düşük belirlenmiştir.

Tablo 7. 2 mm den küçük köklerin 0-10 cm toprak derinlik kademesindeki  $T_{95}$  (y) değerleri

Tür	Bakı	Yükselti	k değeri	Kalan Kütle(%)	Yükselti Farkı(%)	$T_{95}$ (y)	
Sarıçam	Kuzey	Alt	$-0.376 \pm 0.034$	$68.67 \pm 2.31$	5.00	7.98	
		Üst	$-0.306 \pm 0.021$	$73.67 \pm 1.53$		9.80	
	Güney	Alt	$-0.467 \pm 0.009$	$62.67 \pm 0.58$	3.33	6.42	
		Üst	$-0.416 \pm 0.015$	$66.00 \pm 1.00$		7.21	
	D.Ladini	Kuzey	Alt	$-0.306 \pm 0.008$	$73.67 \pm 0.58$	1.33	9.80
			Üst	$-0.288 \pm 0.027$	$75.00 \pm 2.00$		10.42
Güney		Alt	$-0.411 \pm 0.023$	$66.33 \pm 1.53$	3.00	7.30	
		Üst	$-0.366 \pm 0.008$	$69.33 \pm 0.58$		8.20	
Kızılağaç		Kuzey	Alt	$-0.483 \pm 0.009$	$61.67 \pm 0.58$	3.33	6.21
			Üst	$-0.431 \pm 0.046$	$65.00 \pm 3.00$		6.96
	Güney	Alt	$-0.562 \pm 0.018$	$57.00 \pm 1.00$	4.00	5.34	
		Üst	$-0.494 \pm 0.016$	$61.00 \pm 1.00$		6.07	

### 3.3. Kılcal Köklerdeki Azot, Fosfor ve Potasyum (N, P, K) Değerlerinin Ayrışma Süresi İçindeki Değişimleri

Farklı iki bakı ve bu iki bakının farklı iki yükseltisinden örneklenen kızağaç, sarıçam ve doğu ladini türlerinin kılcal köklerinin başlangıçta ve ayrışmanın 9 ve 15 ay sonrasında içerdiği azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) miktarları Tablo 8’de ve anılan sıralamaya göre Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17’de verilmiştir.

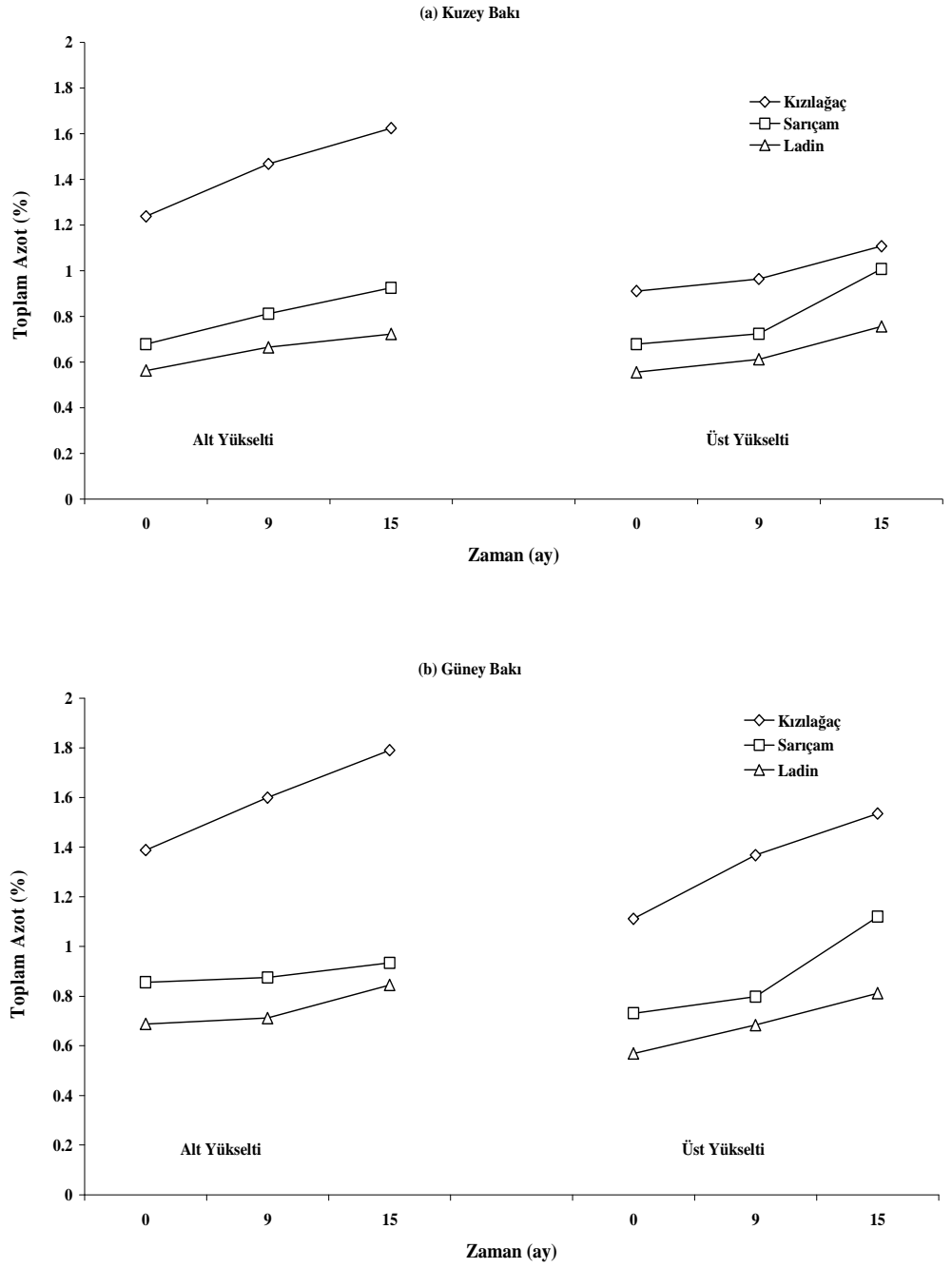
Kızılağaç kılcal kökleri en yüksek N konsantrasyonuna sahip olurken, , en düşük N konsantrasyonu doğu ladini kılcal köklerinde belirlenmiştir. Kılcal köklerdeki N konsantrasyonu ayrışma süreci içinde kılcal köklerde artış göstermiştir. Örneğin, kuzey bakının alt yükseltisinde, Kızılağacın kılcal kökündeki N konsantrasyonu başlangıçta % 1.24 iken 15. ayın sonunda % 1.62’ye, doğu ladininde bu değer % 0.56

iken 15. ayın sonunda % 0.72 olarak ölçülmüştür. Alt ve üst yükselti açısından N değerlerini ele aldığımızda üst yükseltelerde üç türde de N konsantrasyonları daha az belirlenmiştir. Azot konsantrasyonu en fazla kızılâğaçta, sonra sarıçamda ve en son da doğu ladininde görülürken, bu sıralama üst yükseltide de değişmemiştir, ancak aynı sıralamaya göre genel olarak değerler düşmüştür. Örneğin alt yükseltide 9. ayda kızılâğaçta N konsantrasyonu % 1.47 iken aynı örnekleme zamanında üst yükseltide kızılâğaçta ölçülen N konsantrasyonu % 0.96 dır. Yine 9. ayda alt yükseltide sarıçamda N konsantrasyonu % 0.81 iken üst yükseltide % 0.72 olarak bulunmuştur. Üç türde de güney bakıdaki köklerin N konsantrasyonları kuzeydeki köklerdekinden daha yüksek bulunmuştur. Örneğin 15. ay sonunda kızılâğaç, sarıçam ve doğu ladini türlerinin N konsantrasyonu, kuzey bakıda ve bu bakının alt yükseltisinde anılan sıralamaya göre % 1.62, % 0.93 ve % 0.72 iken güney bakıda ve bu bakının alt yükseltisinde yine aynı sıralamaya göre konsantrasyonlar % 1.79, % 0.93 ve % 0.85 olarak bulunmuştur (Şekil 15; Tablo 8).

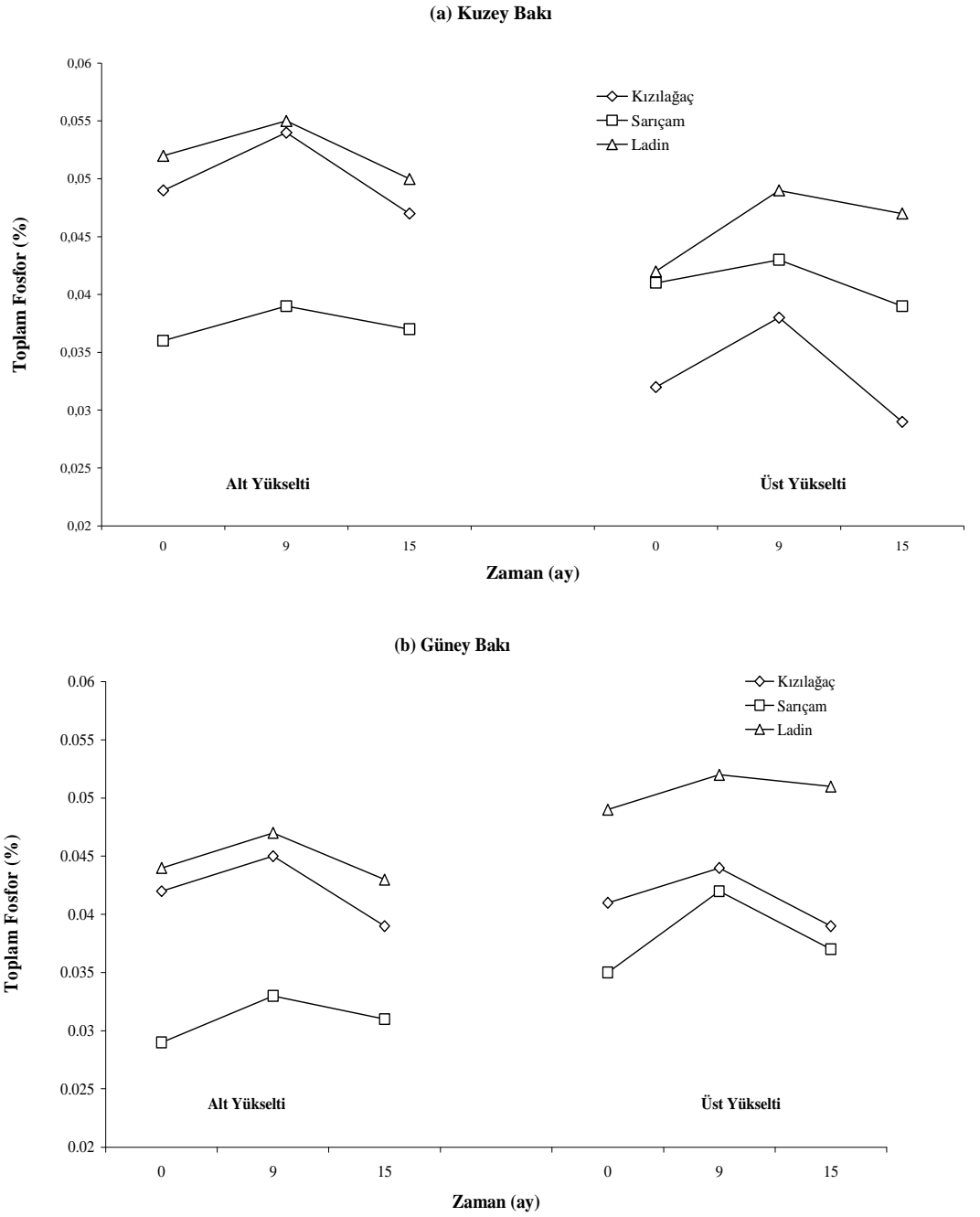
En yüksek P konsantrasyonu doğu ladini köklerinde belirlenirken, en düşük P konsantrasyonu sarıçam kılcal köklerinde belirlenmiştir. Kuzey bakının alt yükseltisinde 15. ayda doğu ladini, kızılâğaç ve sarıçam türlerinde P konsantrasyonu anılan sıralamaya göre % 0.05, % 0.047 ve % 0.037 olarak ölçülmüş ve türler arasında en fazla P konsantrasyonu genel olarak doğu ladininde görülmüştür. Kuzey bakıda üst yükseltilere çıkıldıkça alt yükseltilere göre genel olarak P konsantrasyonlarında düşüş görülmüştür. Örneğin 9. ayda kuzey bakının alt yükseltisinde doğu ladini, kızılâğaç ve sarıçam türlerindeki P konsantrasyonu aynı sıralamaya göre % 0.055, % 0.054 ve % 0.039 iken bu bakının üst yükseltisinde anılan sıralamaya göre konsantrasyonlar % 0.049, % 0.038 ve % 0.043'tür. Burada sadece sarıçam türünün P konsantrasyonu üst yükseltide, alt yükseltiye göre yüksek bulunmuştur. Güney bakıda ise tersi bir durum söz konusu olmuştur. Üst yükseltideki bütün değerler alt yükseltilere göre daha yüksek bulunmuştur. Örneğin 15. ayda güney bakının alt yükseltisinde doğu ladini, kızılâğaç ve sarıçam türlerinde P konsantrasyonları anılan sıralamaya göre % 0.043, % 0.039 ve % 0.031 iken güney bakının üst yükseltisinde bu değerler aynı sıralamaya göre % 0.051, % 0.039 ve % 0.037'dir. Ayrıca her iki bakıda ve bu bakıların farklı yükseltilerinde başlangıçtan 9. aya kadar P konsantrasyonlarında bir artış görülürken, 9. aydan 15. aya kadar olan

zaman zarfında P konsantrasyonlarında her üç türde de düşüş görülmekte ve grafikler ters V şeklini ( $\Lambda$ ) almaktadır. Kuzey bakının alt yükseltilerinde kılcal köklerde P konsantrasyonu güney bakının alt yükseltilerine daha yüksek belirlenirken, kuzey bakının üst yükseltilerdeki kılcal köklerdeki P konsantrasyonu güney bakının üst yükseltilerine göre daha düşük çıkmıştır (Şekil 16; Tablo 8).

Genel olarak sarıçam türündeki K konsantrasyonu diğer türlere göre daha yüksek bulunurken, doğu ladinindeki K konsantrasyonu daha düşük bulunmuştur. Yükseltiye göre K konsantrasyonlarında değişiklikler görülmüştür. Genel olarak alt yükseltilerdeki kılcal köklerdeki K konsantrasyonu üst yükseltilerdeki köklere göre daha yüksek bulunmuştur. Örneğin 9. ayda kuzey bakının alt yükseltisinde sarıçam, kızılâğaç ve doğu ladini türlerinin K konsantrasyonları sırasıyla % 0.147, % 0.095 ve % 0.089 iken aynı bakının üst yükseltisinde bu konsantrasyonu aynı sıralamaya göre % 0.129, % 0.072 ve % 0.069'dur. Kuzey bakıdaki K konsantrasyonu güney bakıdaki K konsantrasyonlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Her üç türde, her iki bakıda ve bu bakıların her iki yükseltisinde K konsantrasyonlarında başlangıçtan itibaren 9. ve 15. aylara doğru sürekli bir azalma görülmektedir. Örneğin sarıçam türünü ele alırsak, güney bakının alt yükseltisinde başlangıçtaki K konsantrasyonu % 0.142 iken, bu değer 9. ayda % 0.131'e, 15. ayda ise % 0.129'a inmiştir (Şekil 17; Tablo 8).

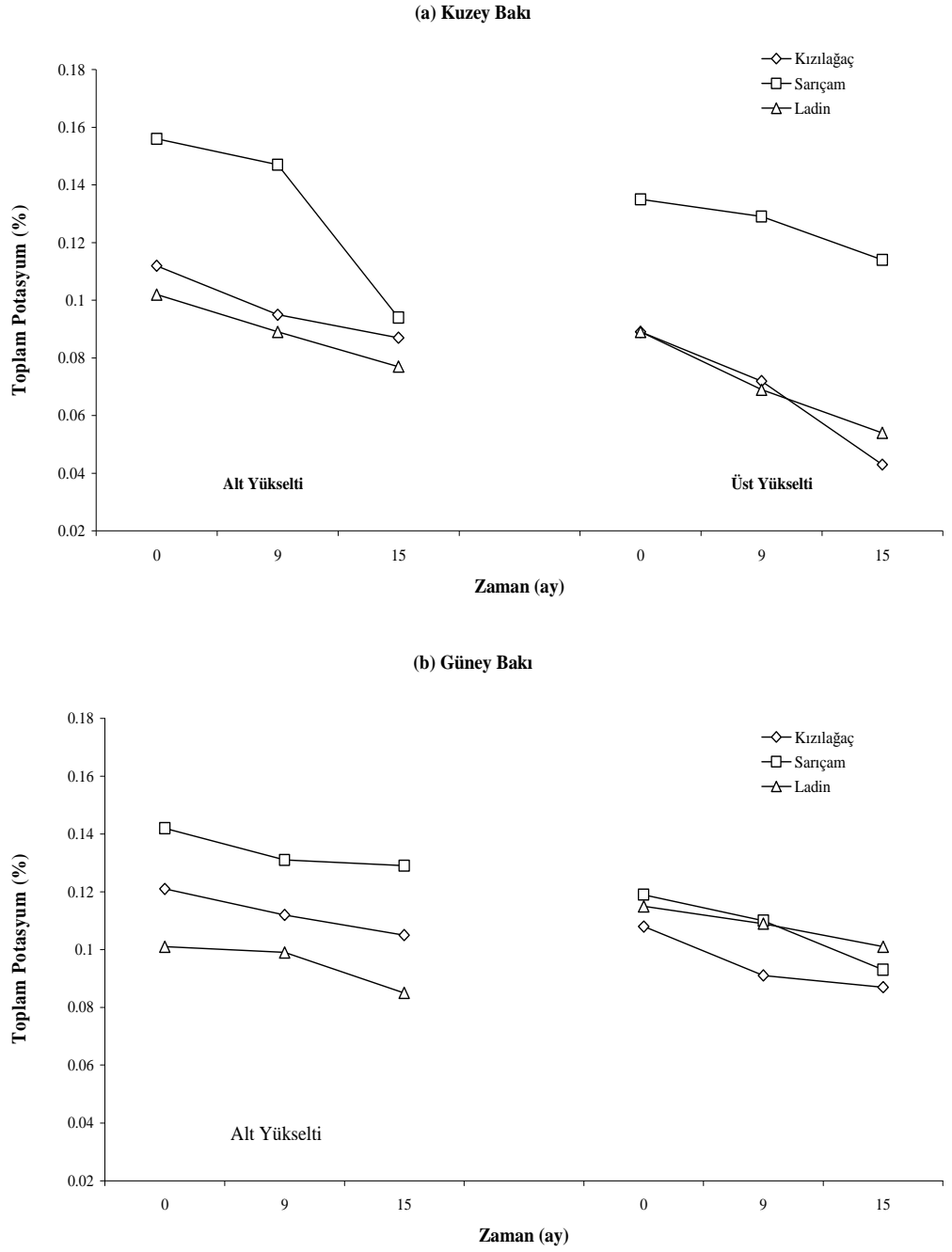


Şekil 15. 2 mm den küçük kılcal köklerin 0-10 cm toprak derinliğindeki Azot (N) değişiminin (%) farklı örnekleme zamanlarında kuzey ve güney bakılarda farklı türlerde gösterdiği değişimler



Şekil 16. 2 mm den küçük kılcal köklerin 0-10 cm toprak derinliğindeki Fosfor(P) değişiminin (%) farklı örnekleme zamanlarında kuzey ve güney bakılarda farklı türlerde gösterdiği değişimler





Şekil 17. 2 mm den küçük kılcal köklerin 0-10 cm toprak derinliğindeki Potasyum (K) değişiminin (%) farklı örnekleme zamanlarında kuzey ve güney bakılarda farklı türlerde gösterdiği değişimler

Tablo 8. Kılcal köklerin başlangıçta ve ayrışmanın 9. ve 15. ay sonrasında içerdiği N, P ve K miktarları (%)

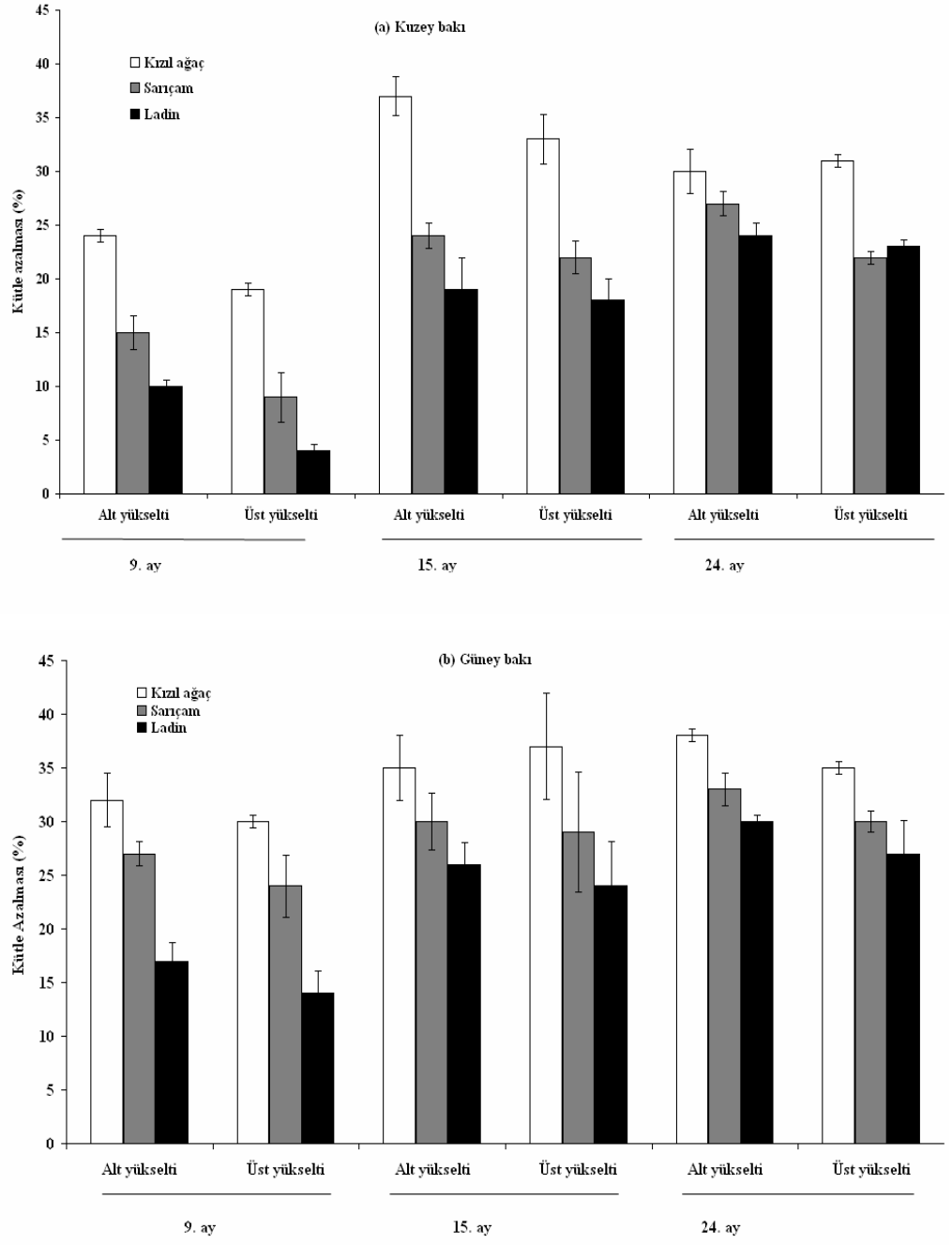
			N			P			K			
Tür	Bakı	Yükselti	Başlangıç	9. ay	15. ay	Başlangıç	9. ay	15. ay	Başlangıç	9. ay	15. ay	
Sarıçam	Kuzey	Alt	0.678	0.812	0.925	0.036	0.039	0.037	0.156	0.147	0.094	
		Üst	0.678	0.724	1.008	0.041	0.043	0.039	0.135	0.129	0.114	
	Güney	Alt	0.856	0.875	0.934	0.029	0.033	0.031	0.142	0.131	0.129	
		Üst	0.731	0.798	1.12	0.035	0.042	0.037	0.119	0.110	0.093	
	D.Ladini	Kuzey	Alt	0.563	0.665	0.723	0.052	0.055	0.050	0.102	0.089	0.077
			Üst	0.555	0.612	0.756	0.042	0.049	0.047	0.089	0.069	0.054
Güney		Alt	0.688	0.712	0.845	0.044	0.047	0.043	0.101	0.099	0.085	
		Üst	0.569	0.684	0.812	0.049	0.052	0.051	0.115	0.109	0.101	
Kızılağaç		Kuzey	Alt	1.238	1.468	1.624	0.049	0.054	0.047	0.112	0.095	0.087
			Üst	0.911	0.964	1.108	0.032	0.038	0.029	0.089	0.072	0.043
	Güney	Alt	1.388	1.600	1.791	0.042	0.045	0.039	0.121	0.112	0.105	
		Üst	1.112	1.368	1.536	0.041	0.044	0.039	0.108	0.091	0.087	

### 3.4. Kılcal Köklerin ( $\emptyset < 2$ mm) 10-20 cm Toprak Derinliğindeki Ayırışması

Toprak derinliğinin kılcal kök ayırışmasına olası etkilerini incelemek için mineral toprağın 10-20 cm derinlik kademesine yerleştirilen kızılalağaç, sarıçam ve doğu ladini kılcal köklerinin, iki farklı bakıda, her bir bakının iki farklı yükseltisinde ve farklı zaman dilimlerindeki ayırışma değerleri Şekil 18’de verilmiştir.

İki milimetreden küçük kılcal köklerin 0-10 cm toprak derinlik kademesinde gösterdiği değişimin aynısı, 10-20 cm toprak derinlik kademesine yerleştirilen aynı çaptaki (2 mm den küçük) köklerde de geçerli olmuştur. Aynı şekilde, türler arasında kök ayırışması kızılalağaç köklerinde daha hızlı olurken bunu sarıçam ve doğu ladini köklerinin ayırışması izlemiştir. Yine güney bakıda kuzey bakıya göre ayırışma daha hızlı gerçekleşmiş, her iki bakıda da alt yükseltelerde üst yükseltilere göre ayırışma daha hızlı olmuştur (Şekil 18).

Farklı türlere ait 2 mm den küçük kılcal köklerin 10-20 cm toprak derinliğinde iki yıl itibariyle kök ayırışma sabiteleri (k), kalan kütle miktarları ile ayırışan kütlelerinin % 95’inin ayırışması için gerekli süre ( $T_{95}$  yıl olarak) Tablo 9’da verilmiştir. Kızılalağacın ayırışma sabitesi her iki bakının alt ve üst yükseltisinde genel olarak en yüksek bulunurken bunu sırasıyla sarıçam ve doğu ladini izlemiştir. Toprağın 10-20 cm derinlik kademesindeki köklerin  $T_{95}$  (yıl) değerleri 0-10 cm toprak derinliğindeki değerlere göre daha yüksek bulunmuştur. Bulunan  $T_{95}$  (yıl) değerleri güney bakı ve her iki bakının alt yükseltilerindeki köklerde en düşük değer olarak belirlenmiştir.



Şekil 18. 2 mm den küçük kılcal köklerin 10-20 cm toprak derinliğinde kuzey ve güney bakılarda farklı örnekleme zamanlarında farklı türlerde gösterdikleri ayrışma oranları (%)

Tablo 9. 2 mm den küçük köklerin 10-20 cm toprak derinlik kademesindeki T<sub>95</sub> (y) değerleri

Tür	Bakı	Yükselti	k değeri	Kalan Kütle(%)	Yükselti Farkı(%)	T <sub>95</sub> (y)
Sarıçam	Kuzey	Alt	-0.310 ± 0.016	73.33 ± 1.15	4.34	9.68
		Üst	-0.253 ± 0.007	77.67 ± 0.58		11.86
	Güney	Alt	-0.396 ± 0.023	67.33 ± 1.53	2.67	7.58
		Üst	-0.357 ± 0.014	70.00 ± 1.00		8.40
		Alt	-0.270 ± 0.015	76.33 ± 1.15		11.11
		Üst	-0.266 ± 0.008	76.67 ± 0.58		11.28
D.Ladini	Kuzey	Alt	-0.361 ± 0.008	69.67 ± 0.58	0.34	8.31
		Üst	-0.311 ± 0.042	73.33 ± 3.06		9.65
	Güney	Alt	-0.352 ± 0.030	70.33 ± 2.08	3.66	8.52
		Üst	-0.366 ± 0.008	69.33 ± 0.58		8.20
		Alt	-0.483 ± 0.009	61.67 ± 0.58		6.21
		Üst	-0.426 ± 0.009	65.33 ± 0.58		7.04
Kızılağaç	Kuzey	Alt	-0.483 ± 0.009	61.67 ± 0.58	1.00	6.21
		Üst	-0.426 ± 0.009	65.33 ± 0.58		7.04
	Güney	Alt	-0.483 ± 0.009	61.67 ± 0.58	3.66	6.21
		Üst	-0.426 ± 0.009	65.33 ± 0.58		7.04
		Alt	-0.483 ± 0.009	61.67 ± 0.58		6.21
		Üst	-0.426 ± 0.009	65.33 ± 0.58		7.04

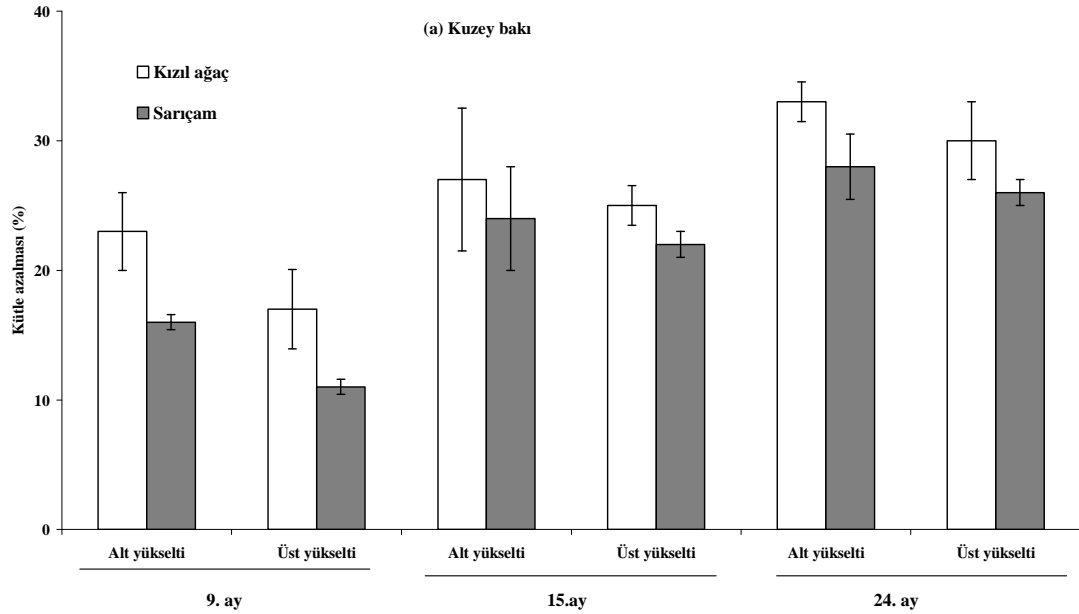
### 3.5. İnce Köklerin (Ø = 2 - 5 mm) 0-10 cm Toprak Derinliğindeki Ayrışması

Ayrışma üzerine kök çap kalınlığının etkisini irdeleyebilmek için çap kalınlıkları 2-5 mm arasında değişen iki farklı türe ait (kızılağaç ve sarıçam) kökler, sadece kuzey bakının alt ve üst yükseltelerinde, 2 mm den küçük köklerin yerleştirildiği aynı toprak derinlik kademesine yerleştirilmiş ve ayrışma oranları belirlenmiştir (Şekil 19). Bu farklı zaman dilimlerindeki ince kök kütle azalmaları üzerinde derinlik kademesinin, çap sınıfının ve derinlik kademesi x çap sınıfı etkisinin tek tek ve birlikte gösterdikleri etkiler Tablo 10, Tablo 11 ve Tablo 12’de liste halinde gösterilmiştir. İlk dokuz aylık zaman zarfı içerisinde ince kök kütle azalması üzerinde çap sınıfının etkisi en yüksek bulunmuştur (F=6; P<0.05). İkinci en yüksek etki derinlik kademesinde olup (F=5.7; P<0.05), derinlik kademesi x çap sınıfı birlikte etkisi anlamlı bulunmamıştır (F=0.01; P>0.05) (Tablo 10).

Tablo 10. Dokuz (9) aydaki ince kök (2-5 cm) kütle azalmaları üzerinde türün, bakının ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkilerin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SS	df	MS	F	Sig.	Kısmi Eta <sup>2</sup>
Düzeltilmiş Model	330 <sup>a</sup>	3	110.139	3.918	.015	.211
İntersept	13266	1	13266	472	.000	.915
Derinlik Kademesi (D.K)	161	1	161	5.7	.021	.115
Çap Sınıfı (Ç.S)	169	1	169	6	.018	.120
D.K x Ç.S	.33	1	.33	.01	.914	.000
Hata	1236	44	28			
Toplam	14834	48				
Düzeltilmiş toplam	1567	47				

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = .211 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .157)



Şekil 19. 2 mm den büyük ince köklerin 0-10 cm toprak derinliğinde kuzey bakıda farklı örnekleme zamanlarında farklı türlerde gösterdikleri ayrışma oranları(%)

On beş aylık zaman dilimi değerlendirildiğinde de ince kök kütle azalması üzerinde çap sınıfının etkisi en yüksek bulunmuştur (F=15; P<0.001). Derinlik kademesinin (F=0.3; P>0.05) ve derinlik kademesi x çap sınıfı birlikte etkisi (F=2; P>0.05) önemsiz olarak belirlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. On beş (15) aydaki ince kök (2-5 cm) kütle azalmaları üzerinde türün, bakının ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkilerin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SS	df	MS	F	Sig.	Kısmi Eta <sup>2</sup>
Düzeltilmiş Model	402 <sup>a</sup>	3	134.306	5.623	.002	.277
İntersept	32552	1	32552	1363	.000	.969
Derinlik Kademesi (D.K)	7	1	7	0.3	.598	.006
Çap Sınıfı (Ç.S)	352	1	352	15	.000	.251
D.K x Ç.S	44	1	44	2	.181	.040
Hata	1051	44	24			
Toplam	34006	48				
Düzeltilmiş toplam	1454	47				

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = .277 ( Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .228 )

Yirmi dört aylık zaman dilimi incelendiğinde ise ilk 9 ve 15 aylık sürelerle tezat olarak ince kök kütle azalması üzerinde derinlik kademesinin etkisi en yüksek bulunmuştur (F=11; P<0.01). Çap sınıfının (F=2; P>0.05) ve derinlik kademesi x çap sınıfı birlikte etkisi (F=1,6; P>0.05) önemsiz olarak belirlenmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. Yirmi dört (24) aydaki ince kök (2-5 cm) kütle azalmaları üzerinde türün, bakının ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkilerin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SS	df	MS	F	Sig.	Kısmi Eta <sup>2</sup>
Düzeltilmiş Model	251 <sup>a</sup>	3	83.806	5.080	.004	.257
İntersept	40717	1	40717	2468	.000	.982
Derinlik Kademesi (D.K)	184	1	184	11	.002	.202
Çap Sınıfı (Ç.S)	40	1	40	2	.125	.053
D.K x Ç.S	27	1	27	1.6	.207	.036
Hata	726	44	16			
Toplam	41694	48				
Düzeltilmiş toplam	977	47				

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = .257 ( Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .207 )

Kuzey bakının alt ve üst yükseltelerinde 0-10 cm toprak derinlik kademesinde ayrışan kızılalağaç ince kökleri, kılcal köklerinde olduğu gibi, sarıçam ince köklerine göre daha hızlı ayrışmıştır (Şekil 19). Üst yükseltideki ince kökler de kılcal köklerde olduğu gibi alt yükseltilere göre daha yavaş ayrışmıştır. Dokuz ay sonunda kızılalağaç ince kökleri, alt yükseltide % 23 ayrışma gösterirken üst yükseltide % 17 oranında ayrışma göstermiştir. Sarıçam ise 9 ay sonunda alt yükseltide % 16 ayrışırken üst yükseltide % 11 oranında ayrışmıştır. 15 ay sonunda her iki türde de kendi içinde

ayırışma oranları artış göstermiştir, yine kızılâğaç köklerinde ayırışma oranı daha hızlı gerçekleşmiştir. 24 ay sonunda kızılâğaç alt yükseltide % 33 ayırışma gösterirken, üst yükseltide % 30'luk bir ayırışma göstermiş, sarıçam ince kökleri ise bu zaman diliminde alt yükseltide % 28, üst yükseltide % 26 oranında ayırışma göstermiştir.

Farklı türlere ait 2 mm den büyük ince köklerin 0-10 cm toprak derinliğinde iki yıl itibariyle kök ayırışma sabiteleri (k), kalan kütle miktarları ile ayırışan kütlelerinin % 95'inin ayırışması için gerekli süre (T<sub>95</sub> yıl olarak) Tablo 13'de verilmiştir. Kızılâğaç ayırışma sabitesi (k) kuzey bakının alt yükseltisinde en yüksek bulunurken bunu sarıçam takip etmiştir. T<sub>95</sub> (y) değerleri kuzey bakıların alt yükseltisindeki köklerde en düşük belirlenmiştir.

Tablo 13. 2 mm den büyük köklerin 0-10 cm toprak derinlik kademesindeki T<sub>95</sub> (y) değerleri

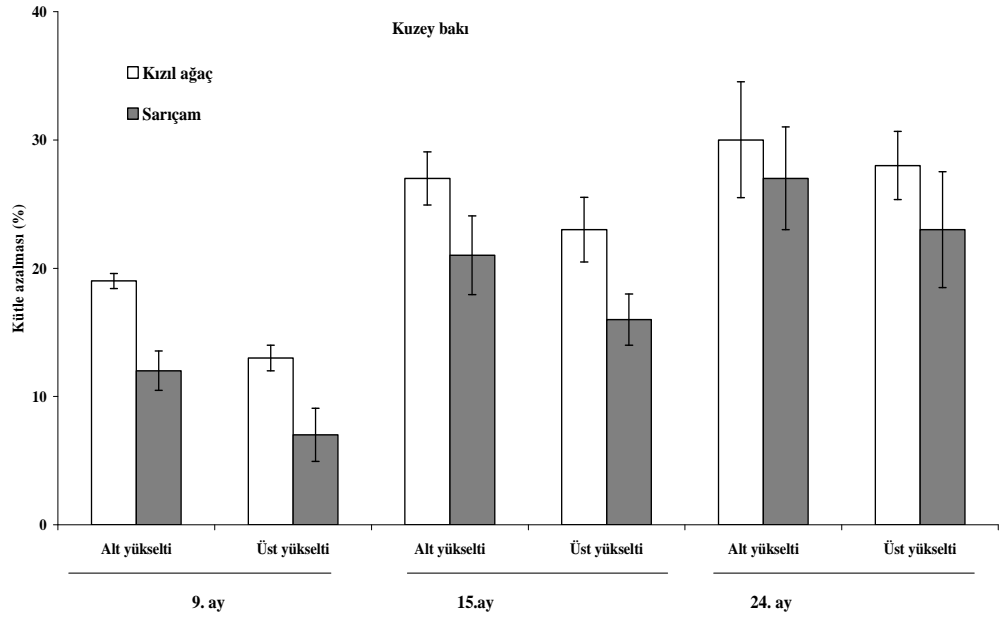
Tür	Bakı	Yükselti	k değeri	Kalan Kütle(%)	Yükselti Farkı(%)	T <sub>95</sub> (y)
Sarıçam	Kuzey	Alt	-0.334 ± 0.035	71.67 ± 2.52	2.33	8.98
		Üst	-0.301 ± 0.014	74.00 ± 1.00		9.97
Kızılâğaç	Kuzey	Alt	-0.406 ± 0.023	66.67 ± 1.53	3.33	7.39
		Üst	-0.357 ± 0.043	70.00 ± 3.00		8.40

### 3.6. İnce Köklerin (Ø = 2 – 5 mm) 10-20 cm Toprak Derinliğindeki Ayırışması

Kızılâğaç ve sarıçam türleri ince köklerinin kuzey bakının, farklı yükselti ve farklı örnekleme zamanlarındaki ayırışma oranları Şekil 20'de verilmiştir.

Toprak derinlik kademesinin 0-10 cm'sinde olduğu gibi, ince köklerin 10-20 cm derinlik kademesindeki ayırışması da aynı yönde özellik göstermiştir. Kızılâğaç ince kökleri bu derinlik kademesinde de, sarıçam ince köklerine göre daha hızlı ayırışma göstermiştir. Üst yükseltideki ince kökler yine alt yükseltidekilere göre daha yavaş ayırışmıştır.





Şekil 20. 2 mm den büyük ince köklerin 10-20 cm toprak derinliğinde kuzey bakıda farklı örnekleme zamanlarında farklı türlerde gösterdikleri ayrışma oranları(%)

Farklı türlere ait 2 mm den büyük ince köklerin 10-20 cm toprak derinliğinde iki yıl itibariyle kök ayrışma sabiteleri (k), kalan kütle miktarları ile ayrışan kütlelerinin % 95'inin ayrışması için gerekli süre ( $T_{95}$  yıl olarak) Tablo 14'de verilmiştir. Kızılağaç ayrışma sabitesi (k) kuzey bakının alt yükseltilerinde yine en yüksek bulunurken bunu sarıçam takip etmiştir. Toprağın 10-20 cm derinlik kademesindeki köklerin  $T_{95}$  (yıl) değerleri 0-10 cm toprak derinliğindeki değerlere göre daha yüksek bulunmuştur.  $T_{95}$  (y) değerleri kuzey bakıların alt yükseltilerindeki köklerde en düşük belirlenmiştir.

Tablo 14. 2 mm den büyük köklerin 10-20 cm toprak derinlik kademesindeki  $T_{95}$  (y) değerleri

Tür	Bakı	Yükselti	k değeri	Kalan Kütle(%)	Yükselti Farkı(%)	$T_{95}$ (y)
Sarıçam	Kuzey	Alt	$-0.316 \pm 0.055$	$73.00 \pm 4.00$	3.67	9.49
		Üst	$-0.267 \pm 0.059$	$76.67 \pm 4.51$		11.24
Kızılağaç	Kuzey	Alt	$-0.353 \pm 0.064$	$70.33 \pm 4.51$	1.67	8.50
		Üst	$-0.329 \pm 0.037$	$72.00 \pm 2.65$		9.12

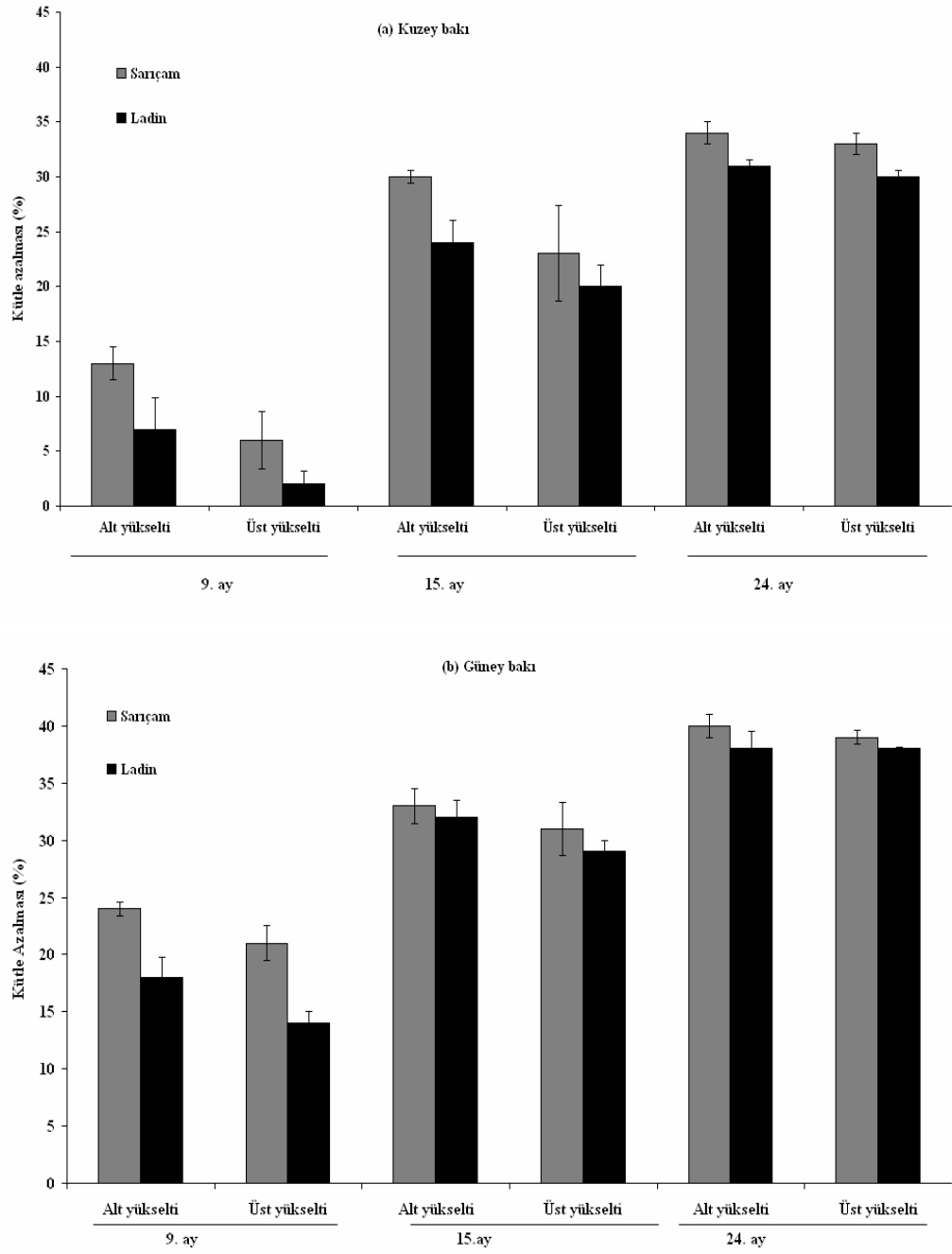
### 3.7. Standart Köklerin ( $\emptyset < 2$ mm) 0–10 cm Toprak Derinliğindeki Ayrışması

Mineral toprağın 0-10 cm derinlik kademesine yerleştirilen 2 mm den küçük standart (kimyasal bileşimi aynı) sarıçam ve doğu ladini köklerinin iki farklı bakıda, iki farklı yükseltide ve farklı zaman dilimlerindeki ayrışma seyirleri Şekil 21’de verilmiştir. Farklı örnekleme zamanlarında standart köklerin kütle azalmaları üzerinde türün, bakımın ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkiler Tablo 15, Tablo 16 ve Tablo 17’de verilmiştir. İlk dokuz aylık zaman diliminde standart kök örneklerinde belirlenen farklılıklar üzerinde de bakımın etkisi en yüksek bulunmuştur ( $F=232$ ;  $P<0.001$ ). İkinci en yüksek etki yine tür olup ( $F=68$ ;  $P<0.001$ ) onu yükselti takip etmiştir ( $F=29$ ;  $P<0.001$ ) (Tablo 15).

Tablo 15. Dokuz (9) aydaki standart köklerin kütle azalmaları üzerinde türün, bakımın ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkilerin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SS	df	MS	F	Sig.	Kısmi Eta <sup>2</sup>
Düzeltilmiş Model	2361 <sup>a</sup>	7	337.417	48.666	.000	.895
İntersept	6210	1	6210	895	.000	.957
Tür (T)	468	1	468	68	.000	.628
Bakı (B)	1610	1	1610	232	.000	.853
Yükselti (Y)	200	1	200	29	.000	.419
T x B	52	1	52	7	.009	.158
T x Y	2	1	2	.3	.587	.007
B x Y	10	1	10	1.5	.235	.035
T x B x Y	18	1	18	2.7	.108	.063
Hata	277	40	7			
Toplam	8850	48				
Düzeltilmiş toplam	2639	47				

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = .895 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .877)



Şekil 21. Standart köklerin 0-10 cm toprak derinliğinde kuzey ve güney bakılarda farklı örnekleme zamanlarında farklı türlerde gösterdikleri ayrışma oranları(%)

On beş aylık zaman dilimi değerlendirildiğinde yine bakımın etkisi en yüksek bulunmuştur (F=67; P<0.001). İkinci en yüksek etki yükselti olmuştur (F=5; P<0.05). Bu dönemde standart köklerdeki farklılıklar üzerinde türün önemli bir etkisi olmamıştır (F=2; P>0.05) (Tablo 16).

Tablo 16. On beş (15) aydaki standart köklerin kütle azalmaları üzerinde türün, bakımın ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkilerin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SS	df	MS	F	Sig.	Kısmi Eta <sup>2</sup>
Düzeltilmiş Model	1275 <sup>a</sup>	7	182.283	13.197	.000	.698
İntersept	35262	1	35262	2552	.000	.985
Tür (T)	32	1	32	2	.138	.054
Bakı (B)	927	1	927	67	.000	.627
Yükselti (Y)	63	1	63	5	.039	.102
T x B	105	1	105	7	.009	.160
T x Y	58	1	58	4	.046	.096
B x Y	83	1	83	6	.019	.130
T x B x Y	7.5	1	7.5	.54	.465	.013
Hata	552	40	13.8			
Toplam	37091	48				
Düzeltilmiş toplam	1828	47				

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = .698 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .645)

Yirmi dört aylık sürede, yine bakımın etkisi en yüksek bulunurken (F=67; P<0.001) bunu tür (F=15; P<0.001) ve yükselti takip etmiştir (F=5; P<0.05) (Tablo 17).

Tablo 17. Yirmi dört (24) aydaki standart köklerin kütle azalmaları üzerinde türün, bakımın ve yükseltinin tek başlarına ve birlikte gösterdikleri etkilerin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SS	df	MS	F	Sig.	Kısmi Eta <sup>2</sup>
Düzeltilmiş Model	543 <sup>a</sup>	7	77.640	12.548	.000	.687
İntersept	54338	1	54338	8781	.000	.995
Tür (T)	93	1	93	15	.000	.274
Bakı (B)	414	1	414	67	.000	.626
Yükselti (Y)	32	1	32	5	.029	.113
T x B	.02	1	.02	.01	.954	.000
T x Y	.52	1	.52	.08	.773	.002
B x Y	2.5	1	2.5	.41	.527	.010
T x B x Y	1.02	1	1.02	.17	.687	.004
Hata	247	40	6.19			
Toplam	55129	48				
Düzeltilmiş toplam	790	47				

<sup>a</sup>R<sup>2</sup> = .687 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .632)

Bu toprak derinlik kademesinde (0-10 cm) standart sarıçam kökleri doğu ladini köklerine göre daha hızlı ayrılmıştır. Güney bakıya yerleştirilen standart kökler kuzey bakıya yerleştirilen standart köklerden daha hızlı ayrılmıştır. Yine alt yükseltideki standart kökler üst yükseltideki köklerden daha hızlı ayrılmıştır.

Dokuz ay sonunda kuzey bakının alt yükseltisinde ki sarıçam kökleri % 13 ayrışırken doğu ladini kökleri % 7 oranında ayrışma göstermiş, üst yükseltide ise sarıçam % 6, doğu ladini ise % 2 oranında ayrışabilmiştir. 15 ay sonunda ise ayrışma olayında hızlı bir artış olmuş, alt yükseltide sarıçamda % 30, doğu ladininde % 24 oranında ayrışma görülürken, üst yükseltide sarıçam % 23, doğu ladini % 20 oranında ayrılmıştır. 24 ay sonunda ise, sarıçam alt yükseltide % 34 lük ayrışma oranına sahip olurken doğu ladini % 31'lik ayrışma göstermiştir.

Güney bakıya konulan standart sarıçam kökleri alt yükseltide % 24 ayrışırken doğu ladini kökleri % 18 ayrılmış, üst yükseltide sarıçam % 21 oranında ayrışırken doğu ladini % 14 ayrılmıştır. 15 ay sonunda ise standart köklerde ayrışma hızında artış görülmüş ve ayrışma oranları iki türde de birbirine biraz daha yaklaşmıştır. 15 ay sonunda alt yükseltide sarıçam % 33 ayrışırken doğu ladini % 32 ayrılmış, üst yükseltide ise sarıçam % 31 ayrışırken doğu ladini % 29 oranında ayrışma göstermiştir. 24 ay sonunda ayrışma hızları güney bakı alt yükseltide sarıçamda % 40'ı bulurken, doğu ladininde % 38'lik ayrışma gerçekleşmiştir.

Farklı türlere ait standart köklerin 0-10 cm toprak derinliğinde iki yıl itibariyle kök ayrışma sabiteleri (k), kalan kütle miktarları ile ayrılan kütlelerinin % 95'inin ayrışması için gerekli süre ( $T_{95}$  yıl olarak) Tablo 18'de verilmiştir. Standart köklerin ayrışma sabitesi değerleri tür, bakı ve yükseltiye göre önemli değişiklikler göstermiştir. Sarıçamın ayrışma sabitesi (k), doğu ladinine göre daha yüksek bulunmuştur. Hesaplanan  $T_{95}$  (yıl) değerleri güney bakıda ve her iki bakının alt yükseltilerindeki köklerde en düşük belirlenmiştir.

Tablo 18. Standart köklerin 0-10 cm toprak derinlik kademesindeki T<sub>95</sub> (y) değerleri

Tür	Bakı	Yükselti	k değeri	Kalan Kütle(%)	Yükselti Farkı(%)	T <sub>95</sub> (y)		
Sarıçam	Kuzey	Alt	-0.416 ± 0.015	66.00 ± 1.00	1.00	7.21		
		Üst	-0.401 ± 0.015	67.00 ± 1.00		7.48		
	Güney	Alt	-0.511 ± 0.017	60.00 ± 1.00	0.67	5.87		
		Üst	-0.500 ± 0.010	60.67 ± 0.58		6.00		
		Kuzey	Alt	-0.376 ± 0.008		68.67 ± 0.58	1.00	7.98
			Üst	-0.361 ± 0.008		69.67 ± 0.58		8.31
D.Ladini	Güney	Alt	-0.484 ± 0.025	61.67 ± 1.53	0.33	6.20		
		Üst	-0.478 ± 0.000	62.00 ± 0.00		6.28		

### 3.8. Standart Köklerin (Ø < 2 mm) 10–20 cm Toprak Derinliğindeki Ayırışması

Mineral toprağın 10-20 cm derinlik kademesine yerleştirilen 2 mm den küçük standart sarıçam ve doğu ladini köklerinin iki farklı bakıda, iki farklı yükseltide ve farklı zaman dilimlerindeki ayırışma seyirleri Şekil 22’de verilmiştir.

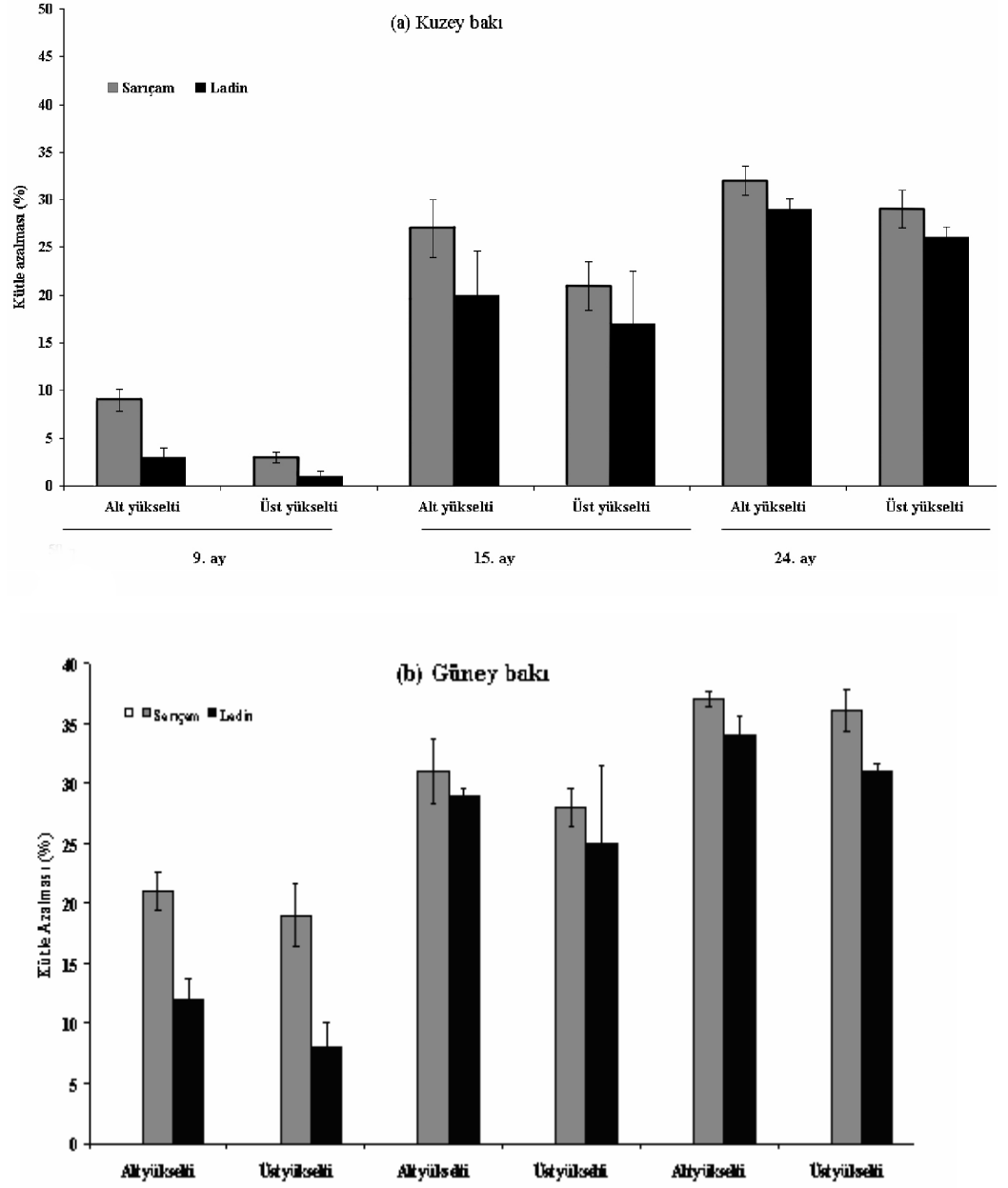
Toprak derinliğinin 0-10 cm kademesinde olduğu gibi tür bakımından sarıçam standart kökleri 10-20 cm toprak derinlik kademesinde de doğu ladini standart köklerinden daha hızlı ayırışmıştır. Yine her iki bakıda da alt yükseltide üst yükseltilere göre ayırışma daha hızlı olmuştur. 9 ay sonunda güney bakı alt yükseltide sarıçam % 21 ayırışırken doğu ladini % 12, üst yükseltide ise sarıçam % 19 oranında ayırışma gösterirken doğu ladini % 8 oranında ayırışabilmiştir. 15 ay sonunda ise güney bakı alt yükseltide sarıçam % 31 oranında, doğu ladininde ise % 29 oranında ayırışmış, üst yükseltide sarıçamda ayırışma olayı % 28, doğu ladininde ayırışma % 25 olmuştur. 24 ay sonunda ise, güney bakı alt yükseltide sarıçam % 37 oranında ayırışırken, doğu ladini % 34 oranında ayırışabilmiş, güney bakı üst yükseltide ise sarıçam % 36, doğu ladini % 31 ayırışmıştır.

Farklı türlere ait standart köklerin 10-20 cm toprak derinliğinde iki yıl itibariyle kök ayırışma sabiteleri (k), kalan kütle miktarları ile ayırışan kütlelerinin % 95’inin ayırışması için gerekli süre (T<sub>95</sub> yıl olarak) Tablo 19’da verilmiştir. Standart köklerin ayırışma sabitesi değerleri (k) tür, bakı ve yükseltiye göre değişiklikler göstermiştir.

Sarıçamın ayrışma sabitesi (k), doğu ladinine göre daha yüksek bulunmuştur. Toprağın 10-20 cm derinlik kademesindeki köklerin T<sub>95</sub> (yıl) değerleri 0-10 cm toprak derinlik kademesindeki değerlere göre daha büyük bulunmuştur. Hesaplanan bu T<sub>95</sub> (yıl) değerleri güney bakıda ve her iki bakının alt yükseltilerindeki köklerde genel olarak en düşük belirlenmiştir (Tablo 19).

Tablo 19. Standart köklerin 10-20 cm toprak derinlik kademesindeki T<sub>95</sub> (y) değerleri

Tür	Bakı	Yükselti	k değeri	Kalan Kütle(%)	Yükselti Farkı(%)	T <sub>95</sub> (y)		
Sarıçam	Kuzey	Alt	-0.391 ± 0.023	67.67 ± 1.53	3.33	7.67		
		Üst	-0.343 ± 0.028	71.00 ± 2.00		8.75		
	Güney	Alt	-0.457 ± 0.009	63.33 ± 0.58	0.67	6.56		
		Üst	-0.462 ± 0.027	64.00 ± 1.73		6.49		
		Kuzey	Alt	-0.347 ± 0.016		70.67 ± 1.15	3.00	8.65
			Üst	-0.306 ± 0.016		73.67 ± 1.15		9.80
D.Ladini	Güney	Alt	-0.411 ± 0.023	66.33 ± 1.53	3.00	7.30		
		Üst	-0.371 ± 0.008	69.33 ± 0.58		8.09		



Şekil 22. Standart köklerin 10-20 cm toprak derinliğinde kuzey ve güney bakılarda farklı örnekleme zamanlarında farklı türlerde gösterdikleri ayrışma oranları(%)



### 3.9. Standart Köklerin ( $\emptyset < 2$ mm) Ayırışması Üzerine Çevre Şartlarının Etkisi

Köklerin kimyasal yapıları sabit olmak kaydıyla, çevresel etmenlerin kök ayırışması üzerine etkilerini anlamak için, ayırışma üzerinde etkili olabilecek çevresel etmenler; solunum, hacim ağırlığı, toprak nemi, higroskopik nem, pH, toprak sıcaklığı, meşcere altı sıcaklığı ve toprak tekstürü (kum, toz, kil) kök ayırışması ile ilişkiye getirilerek korelasyon analizi yapılmış ve bunların anlamlılık dereceleri 9. 15. ve 24. aylar için sırasıyla Tablo 20, Tablo 21 ve Tablo 22’de verilmiştir. İlk 9 aylık süre içinde, kök ayırışması ile hava sıcaklığı ( $R=0.829$ ;  $P<0.01$ ), meşcere altı sıcaklığı ( $R=0.793$ ;  $P<0.01$ ), toprak solunumu ( $R=0.712$ ;  $P<0.01$ ), ve toprak sıcaklığı ( $R=0.437$ ;  $P<0.01$ ) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. İlerleyen ayırışma süresinde, kök ayırışması ile hava sıcaklığı, meşcere altı sıcaklığı ve toprak sıcaklığı arasında pozitif yöndeki ilişki yine anlamlı bulunurken, toprak solunumu ile kök ayırışması arasında bu döneme ait değerlerle anlamlı bir ilişkisi bulunamamıştır (Tablo 21). Bunun yerine, kök ayırışması ile organik madde ( $R=0.550$ ;  $P<0.01$ ) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. İkinci yılın sonundaki kök ayırışma değerleri çevresel ve toprak faktörleriyle ilişkiye getirildiğinde, yine kök ayırışması ile hava sıcaklığı ( $R=0.717$ ;  $P<0.01$ ), meşcere altı sıcaklığı ( $R=0.754$ ;  $P<0.01$ ) ve toprak sıcaklığı ( $R=0.474$ ;  $P<0.01$ ) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiş, toprak solunumu ve organik madde ile önemli bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 22).

Tablo 20. 9. aydaki standart köklerin çevresel etmenler ile korelasyon katsayıları

	Ayrışma	Solunum	Hacim ağırlığı	Nem	Toprak sıcaklığı	Meşcere altı sıcaklığı	Hava sıcaklığı	pH	Organik madde	Kum	Kil	Toz
Ayrışma	1.000											
Solunum	.712**	1.000										
Hacim ağırlığı	0.144	.388**	1.000									
Nem	-.564**	-.618**	-.652**	1.000								
Toprak sıcaklığı	.437**	0.249	.355*	-.717**	1.000							
Meşcere altı sıcaklığı	.793**	.822**	0.228	-.653**	.461**	1.000						
Hava sıcaklığı	.829**	.817**	0.24	-.674**	.488**	.994**	1.000					
pH	-.313*	0.042	-0.206	.467**	-.905**	-0.145	-0.195	1.000				
Organik madde	.352*	.558**	0.03	-.458**	.286*	.740**	.683**	0.095	1.000			
Kum	0.244	0.141	.364*	-.567**	.476**	0.133	0.146	-.500**	0.048	1.000		
Kil	-0.06	-0.094	-.302*	.410**	-.293*	-0.025	0	.293*	-0.098	-.927**	1.000	
Toz	-.315*	-0.049	-0.184	.465**	-.506**	-0.117	-0.148	.602**	0.012	-.952**	.815**	1.000

\*\* 0.01 güven düzeyinde korelasyon anlamlıdır.

\* 0.05 güven düzeyinde korelasyon anlamlıdır.

Tablo 21. 15. aydaki standart köklerin çevresel etmenler ile korelasyon katsayıları

	Ayrışma	Solunum	Nem	Organik madde	Hacim ağırlığı	Toprak sıcaklığı	Meşcere altı sıcaklığı	Hava sıcaklığı	pH	Kum	Kil	Toz
Ayrışma	1.000											
Solunum	-0.167	1.000										
Nem	-.456**	0.165	1.000									
Organik madde	.550**	-.399**	-.458**	1.000								
Hacim ağırlığı	0.097	0.242	-.652**	0.03	1.000							
Toprak sıcaklığı	.508**	-0.207	-.879**	.419**	.526**	1.000						
Meşcere altı sıcaklığı	.787**	-.385**	-.657**	.655**	0.214	.744**	1.000					
Hava sıcaklığı	.758**	-.478**	-.596**	.729**	0.167	.615**	.931**	1.000				
pH	-0.049	0.176	.467**	0.095	-0.206	-.683**	-0.255	-0.012	1.000			
Kum	0.071	0.108	-.567**	0.048	.364*	.395**	0.194	-0.037	-.500**	1.000		
Kil	-0.03	-.307*	.410**	-0.098	-.302*	-0.221	-0.05	0.177	.293*	-.927**	1.000	
Toz	-0.065	0.057	.465**	0.012	-0.184	-.352(*)	-0.209	0.031	.602**	-.952**	.815**	1.000

\*\* 0.01 güven düzeyinde korelasyon anlamlıdır.

\* 0.05 güven düzeyinde korelasyon anlamlıdır.

Tablo 22. 24. aydaki standart köklerin çevresel etmenler ile korelasyon katsayıları

	Ayrışma	Solunum	Nem	Organik madde	Hacim ağırlığı	Toprak sıcaklığı	Meşcere altı sıcaklığı	Hava sıcaklığı	pH	Kum	Kil	Toz
Ayrışma	1.000											
Solunum	-0.278	1.000										
Nem	-.436**	0.139	1.000									
Organik madde	0.282	-.296*	-.527**	1.000								
Hacim ağırlığı	0.103	0.151	-.558**	0.169	1.000							
Toprak sıcaklığı	.474**	-0.111	-.756**	.329*	.314*	1.000						
Meşcere altı sıcaklığı	.754**	-.389**	-.565**	.563**	0.207	.691**	1.000					
Hava sıcaklığı	.717**	-.486**	-.501**	.644**	0.22	.453**	.933**	1.000				
pH	-0.188	0.107	.453**	0.207	-0.123	-.790**	-0.267	-0.005	1.000			
Kum	0.284	0.042	-.709**	0.166	0.202	.487**	0.247	0.1	-.381**	1.000		
Kil	-0.069	-0.237	.602**	-.356*	-0.211	-.407**	-0.114	0.046	0.175	-.870**	1.000	
Toz	-.386**	0.093	.680**	-0.018	-0.168	-.471**	-.301*	-0.183	.464**	-.945**	.661**	1.000

\*\* 0.01 güven düzeyinde korelasyon anlamlıdır.

\* 0.05 güven düzeyinde korelasyon anlamlıdır.

#### 4. TARTIŞMA

Kılcal ve ince kök ayrışması üzerinde ağaç türünün, bakımın, yükseltinin ve toprak derinliğinin etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu iki yıllık çalışmanın sonuçları kök ayrışması üzerinde bu faktörlerin önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir.

Çalışılan üç tür arasında kızılbaş kökleri en hızlı ayrışmayı gösterirken en yavaş ayrışma doğu ladini köklerinde belirlenmiştir. Çevre şartlarının (özellikle iklim ve toprak özelliklerinin) aynı olduğu ortamlarda, farklı türlerin ölü kısımlarının (bunlara köklerde dahil) ayrışması seyri üzerinde ayrışan türün kimyasal yapısının (özellikle N ve lignin konsantrasyonları ile C:N yada lignin:N oranları) etkili olduğu birçok çalışmada ortaya konulmuştur (örneğin, Berg et al., 1993; Usman et al., 2000; Sariyildiz ve ark., 2005). Usman ve ark., (2000) 1600 m yükseltideki meşe (*Quercus leucotrichophora*) ve 2160 m yükseltideki çam (*Pinus roxburghii*) ormanlarında 18 ay boyunca ince kök ayrışmasını çalışmıştır. İki tür arasındaki kök ayrışması farklılıklarının türlerin başlangıçta içerdiği besin elementleri konsantrasyonları ile önemli bir korelasyon gösterdiğini, C:N oranı yüksek olan köklerin ayrışmasının daha yavaş olduğunu bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada Chen et al., (2002) ince kök ayrışması üzerinde türlerin, türün başlangıçtaki kimyasal bileşenlerinin miktarı ve çevresel farklılıklarının (buna sıcaklık, yağış ve toprak N kullanımı da dahil) etkisini *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. (Sitka Ladini), *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco ve *Pinus ponderosa* (Dougl.) ex. P.&C. Laws (Batı Sarıçamı) ormanlarında araştırmıştır. Çalışmalarında, kök ayrışması üzerinde çevre farklılıklarının çok az bir etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Köklerin başlangıçtaki karbon (C) kalitesi değerleriyle (örneğin lignin, selüloz) kök ayrışması arasında önemli bir ilişkinin olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada Püttsepp ve ark., (2007) *Salix viminalis* ve *Salix dasycladus* türlerinin bir yıllık ayrışma sabitesini 1 mm'den küçük kökler için sırasıyla  $k=0.325$  ve  $k=0.165$  olarak belirlemiştir ve türler arasındaki bu ayrışma farklılıklarının sebebi olarak iki tür arasındaki AD Lignin (Asit Deterjan Lignin) olduğunu ifade etmiştir.

Burada sunulan çalışmamızda da, üç türün köklerinin kimyasal yapıları olarak başlangıçta içerdikleri N, P ve K konsantrasyonları ve bunların ayrışma süresindeki (ilk ve ikinci örnekleme zamanındaki) konsantrasyonları belirlenmiş, diğer kimyasal yapıları (örneğin; toplam karbon, lignin, selüloz, hemiselüloz) belirlenmemiştir. Bununla beraber, türlerin ölü kısımlarının ayrışmasında önemli bir etkiye sahip olan N konsantrasyonu ile çalışılan türlerin kök ayrışması arasında önemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Başlangıçtaki N konsantrasyonu en yüksek olan kızılalağaç kökleri en yüksek ayrışma sabitesine sahip olurken, en düşük N konsantrasyonuna sahip olan doğu ladini kökleri en düşük ayrışma sabitesini göstermiştir (Tablo 8). Kızılalağaç köklerinin yüksek N konsantrasyonuna sahip olmasının, aktinomisetlerin kızılalağaç köklerinde nodozite meydana getirerek azot tespitini gerçekleştirmesinden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Köklerdeki azotun ayrışma süresi içindeki değişimleri 9. ve 15. ayda analiz edildiğinde N konsantrasyonunda bir artışın olduğu belirlenmiştir (Şekil 15). Bunun en önemli sebepleri arasında ayrışma süresince toprak üstü kısımlarından toprağa sürekli eklenen yeni ölü örtüden, önceki yıllara ait ayrışan ölü örtüden gelen azotun ayrışan köklerdeki azotla karışması yanında kök ayrışmasını gerçekleştiren topraktaki mikroorganizmaların bu azotu immobilize etmesi ve analizlerde bu canlılardan gelen azotunda sonuçlara dahil olmasından kaynaklanmaktadır (Sariyildiz, 2000). Ayrışma süresinin ilk 9 ayında, azot konsantrasyonunda görüldüğü gibi fosfor ve potasyum konsantrasyonlarında da bir artış belirlenmekle beraber, 15. aydaki örneklerde P ve K konsantrasyonlarında bir azalma belirlenmiştir. Bu azalmanın bu iki besin elementinin yıkanabilir özellikte olması nedeniyle bahar döneminde görülen yağışlarla yıkanıp ortamdan ayrılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Boerner, 1984). Ayrışma süresinde N konsantrasyonunda meydana gelen artma bir çok çalışmalarda da rapor edilmiştir. Lohmus ve İvask, (1995), Avrupa Ladininin (*Picea abies* (L.) Karst.) kılcal ve ince köklerinin ayrışmasını incelemek amacıyla yüksek verimli bir alandan aldığı kökleri 10 cm toprak derinliğine bırakarak 5 yıl süreyle incelemiştir. Köklerin başlangıçtaki N konsantrasyonu % 1.29 iken ayrışma boyunca bu rakam % 1.47 ile % 1.78 arasında değişim göstermiştir. İlk yıldan sonra ince kökler % 21 ile % 32.7 arasında ayrışma gösterirken, ikinci yıldan sonra bu oran % 22.5 ile % 43.2 olmuştur. İnce

köklerinde başlangıç N konsantrasyonunda % 0.73'den ilk bir yılda % 0.97 ile % 1.40 arasında değişim göstermiştir. Diğer birçok çalışmada ayrışma ilerledikçe azot konsantrasyonunun arttığı yönünde bilgiler rapor edilse de, azottaki artma ve azalmanın çalışılan tür ve ortam ile yakından ilişkili olduğu bu çalışmalarda vurgulanmaktadır. Bazı çalışmalarda ise, kullanılan türlerin birinde ayrışma ilerlediğinde azot miktarında artma görülürken diğerinde azalmanın olduğu rapor edilmektedir. Örneğin, Tayland'da Fujimaki ve ark., (2008) yaptıkları çalışmada *Hopea ferrea* ve *Cüce bambuların* bir yıldaki kılcal kök (< 2 mm) ve ince köklerinin (2-5 mm) ayrışma seyrini incelemiş, *H. Ferrea*'nın bir yıl sonraki N miktarının başlangıçtaki N miktarına göre 1.5 katı artış gösterdiğini, buna tezat olarak Cüce bambu türünün N miktarında azalma olduğunu bildirmiştir.

Kızılağaç, sarıçam ve doğu ladini türlerinin kılcal köklerinin iki yıl sonundaki ortalama kütle azalması değerleri sıralamaya göre % 39, % 32 ve % 29 olup, ortalama ayrışma sabiteleri (k) ise anılan sıralamaya göre  $k = 0.491$ ,  $k = 0.394$  ve  $k = 0.342$  olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bu değerlerin yüksek veya düşük, olması diğer araştırmacıların çalışmalarında kullandıkları türe göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, Pyo, J.-H., et al., (2002) *Alnus japonica*, *Qercus acutissima* ve *Pinus rigida* kılcal köklerinin (< 2 mm) 24 aydaki kütle azalması değerlerini anılan sıralamaya göre % 62, % 43 ve % 38 olarak belirlemişlerdir. Lohmus ve Ivask, (1995), Avrupa Ladininin (*Picea abies* (L.) Karst.) kılcal köklerinin beş yıl sonunda başlangıçtaki ağırlıklarının % 40'ını kaybettiğini ve bunun yarısının (%20) ilk bir yıl içinde gerçekleştiğini bildirmiştir. Dilustro ve ark., (2001) meşe (*Scrub oak*) köklerinin 3 aydan sonra % 13.5'ini 828 gün sonra ise % 56'sını kaybettiğini bildirmiştir. Zhang ve ark., (2006) *Fraxinus mandshurica* ve *Larix gmelini* köklerinin farklı çap sınıflarının ayrışma sabitelerini iki yıl boyunca incelediklerinde *Fraxinus mandshurica* türünün kılcal köklerinin (< 2 mm) ayrışma sabitesini 0.272 olarak belirlenirken, *Larix gmelini* kökleri için bu değer 0.246 olarak belirlemiştir. Chen et al., (2002) ince kök ayrışmasını inceledikleri 15 türün ayrışma sabitelerinin 0.172 (*Picea engelmanni* Parry ex. Engelm.) ile 0.386 (*Fraxinus latifolia* Benth.) arasında değiştiğini bulmuşlardır. Fujimaki et al., (2008) *Hopea ferrea*'nın bir yıldaki kılcal kök (< 2 mm) ayrışma sabitesini (k) 1.27, Cüce bambuların ayrışma sabitesinin ise 0.73 olarak belirlemişlerdir. Bununla beraber, kök çalışmalarındaki farklılıklar her ne

kadar türlerden kaynaklanan farklılıklar olsa da, kök çalışmalarında seçilen ayırışma deneyi metodu, aynı tür bile olsa ayırışma değerlerinde bazı farklılıkların olmasına neden olabilmektedir. Çalışmamızda ayırışma-poşet metodu kullanılarak kök ayırışması belirlenmiştir. Yukarıda verdiğimiz örneklerde ayırışma-poşet (torba) metodu kullanılarak yapılan çalışmalardan alınan örneklerdir. Bunun yanında, Dornbus et al., (2002) yaptıkları bir çalışmada, ayırışma-poşet metodu ile yapılan deneyinin, kök yapısını bozmadan kök ayırışmasını araştıran ayırışma-silindir metoduna göre, kök ayırışması değerlerini % 10-23 oranında daha az gösterdiğini belirlemiştir. Bu konuyu özellikle yaptığımız kök ayırışma çalışmalarının sonuçlarını diğer çalışmalarla karşılaştırırken dikkate almamız gerekmektedir.

Çalışmamızda, kılcal köklerden ince köklere doğru çap kalınlığı arttıkça kök ayırışmasının yavaşladığı belirlenmiştir (Tablo 7; Tablo 13). Benzer sonuçlar diğer araştırmacıların çalışmalarında da rapor edilmiştir. Örneğin, Usman (2002) Himalayalar'da yaptığı çalışmada *Pinus roxburghii* ve *Quercus leucotrichophora* türlerinin kök ayırışmasının çap kalınlığının artmasıyla (3 farklı kök çap sınıfı içinde) kök ayırışmanın azaldığını rapor etmiştir. Harmon et al., (1986) büyük çaplı ağaç atıklarının daha küçük çaplı ağaç atıklarına göre ayırışma hızlarının daha yavaş olduğunu belirtmişlerdir. Zhang et al., (2006) *Fraxinus mandshurica* ve *Larix gmelini* köklerinin 3 farklı çap sınıflarının (< 2 mm, 2-5 mm ve 5-10 mm) ayırışma sabitelerini iki yıl boyunca incelediklerinde *Larix gmelini* köklerin ayırışma sabitesi kök çapı arttıkça bir azalma yönündeyken (sıralamaya göre  $k = 0.246$ ,  $k = 0.197$  ve  $k = 0.196$ ), *Fraxinus mandshurica* türünde en yüksek ayırışma sabitesini 2-5 mm çaplı kökler ( $k = 0.438$ ) olup bunu 5-15 mm kökler ( $k = 0.365$ ) ve kılcal kökler ( $k = 0.272$ ) izlemiştir. Genel olarak, kalın köklerin ince köklerden daha yavaş ayırışması, birkaç çalışmada kalın köklerin daha az besin elementi içermesine bağlanmaktadır. Usman et al., (2000) meşe (*Quercus leucotrichophora*) ve çam (*Pinus roxburghii*) türlerinde kök çapı kalınlığının artmasıyla köklerdeki besin elementi konsantrasyonlarının azalma yönünde olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda ince köklerdeki N, P ve K konsantrasyonlarının kılcal köklerden daha az olduğu karşılaştırma amaçlı yaptırdığımız birkaç örnekte belirlenmiştir. Yalnız, bu deneme amaçlı analizler kesin sonuçları ortaya koyacak miktarda olmadıklarından bu çalışmada yer almamıştır. Bununla beraber, bazı çalışmalarda belirlendiği gibi ince



köklerde besin elementlerinin daha az olmasının kök ayrışmasının yavaşlamasında önemli bir rol oynadığını düşünmekteyiz. Gelecekte bu konuda yapılacak çalışmalarda bu farklılığın tam anlaşılabilmesi için, detaylı kimyasal analizlerde yapılarak ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Çalışmamızda, toprak derinliği arttıkça kök ayrışmasının azaldığı belirlenmiştir (Tablo 9; Tablo 14). Kök ayrışmasının gerçekleştiği ortamın toprak özelliklerinin kök ayrışmasının hızı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu birçok çalışmada bildirilmiştir (Swift et al., 1979; Silver and Miya 2001). Özellikle kök ayrışmasının gerçekleştiği toprak kademesinde uygun nemin, O<sub>2</sub> konsantrasyonunun, pH ve ayrışmayı gerçekleştiren mikroorganizmalara inorganik besin elementlerinin sağlanamaması kök ayrışmasının yavaşlamasına neden olduğu bildirilmiştir (Silver and Miya 2001). Çalışmamızda kök ayrışmasının gerçekleştiği iki toprak derinlik kademesinin toprak özellikleri ayrıntılı olarak incelenmediği için, toprak derinliğindeki hangi özelliğinin kök ayrışmasını yavaşlattığı burada açıklanamamıştır. Toprak derinliğinin kök ayrışması üzerine olası etkileri konusunda gelecekte ayrıntılı olarak yapılacak çalışmalarda toprak özelliklerinin ayrıntılı olarak çalışılması gerekmektedir. Bunun yanında, toprak derinliğiyle beraber toprak organizmalarının, organik maddenin, besin elementlerinin azalmasının, hacim ağırlığının artmasının, toprağın üzerindeki malzemenin etkisiyle daha sıkışık olmasının ayrışmayı yavaşlatan faktörler olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızın sonuçları, güney bakı ve alt yükseltilerdeki köklerin, kuzey bakı ve üst yükseltilerdeki köklerden daha hızlı ayrıştığını göstermiştir. Kızılağaç kılcal kökleri, yirmi dört ay sonunda kuzey bakılarda başlangıçtaki ağırlığının ortalama % 34'ünü, güney bakılarda ortalama % 39'unu kaybetmiştir. Sarıçam kuzey bakılarda ortalama % 27, güney bakılarda % 34 oranında kütle azalmasına uğrarken doğu ladini kuzey bakılarda ortalama % 24, güney bakılarda ortalama % 30 oranında kütle azalmasına uğramıştır. Benzer şekilde, alt yükseltilerde kök ayrışması üst yükseltilerden daha hızlı gerçekleşmiştir. Güney bakı ve alt yükseltilerdeki köklerin daha hızlı ayrışmasını iki nedene bağlayabiliriz; ilk neden olarak, güneydeki ve alt yükseltideki köklerin kimyasal kalitesinin daha iyi olmasının (buradaki çalışmamızda güneydeki ve alt yükseltideki köklerin azot N konsantrasyonlarının daha yüksek olduğuna dair sonuçlar elde edilmiştir) buradaki köklerin daha hızlı ayrışmasına bağlayabiliriz.

Güney bakıda kızılâğaç kılcal köklerinin başlangıçtaki içerdiği N konsantrasyonu ortalama % 1.25 iken 9. ayda ortalama bu miktar % 1.49'a ve 15. ayda ortalama % 1.66'ya yükselmiştir. Kuzey bakıda ise bu değerler anılan sıralamaya göre % 1.08, % 1.22 ve % 1.37'dir. Sarıçam ve doğu ladini için de benzer durum söz konusudur (Tablo 8). Türlerin içerdiği azot konsantrasyonu hem başlangıçta hem de ayrışma süresinde güney bakılardaki köklerde daha yüksek konsantrasyonlara sahip olmuştur. Benzer durum, yani N konsantrasyonundaki yüksek değer alt yükseltilerdeki köklerde de tespit edilmiştir.

İkinci neden olarak, güneydeki ve alt yükseltideki mikroiklim özelliklerinin (toprak, meşcere altı, hava sıcaklığı) ve toprak özelliklerinin (nem, organik madde, toprak solunumu, tekstür, pH) kök ayrışmasını gerçekleştiren mikroorganizmalar için daha uygun ortamlar olmasına bağlayabiliriz. Kimyasal yapının etkisini sabit tutmak için kullanılan standart kök örneklerinin farklı iki bakı ve her bir bakının iki yükseltisindeki ayrışmalarından elde edilen değerler, bu köklerin ayrıştıkları ortamların mikroiklim ve toprak özellikleriyle ilişkiye getirilmiştir. Kök ayrışma oranlarıyla en yüksek korelasyonu hava sıcaklığı ve meşcere altı sıcaklığı göstermiştir (Tablo 22). Sıcaklık ile ölü örtü ayrışması arasında önemli bir ilişkinin olduğu birçok araştırmacıların çalışmalarında da ortaya konulmuştur. Örneğin Hobbie, (1996) çevre özellikleri ve ayrıştırıcıların aynı olduğu ortamlarda, sıcaklıkta meydana gelebilecek artışla ölü örtü ayrışması arasında pozitif bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur. Vitousek et al., (1994) tarafından yapılan bir çalışmada, hava sıcaklığında meydana gelen 10 °C lik bir artışın ölü örtü ayrışma oranını 4 ile 11 katı arttırdığı rapor edilmiştir. Benzer bir çalışma olarak Chen et al., (2008) yaptığı çalışmalarda *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco türünün kılcal (< 2 mm) ve 2-10 mm köklerinin daha sıcak alt rakımlardaki ayrışmasının daha soğuk olan üst rakımlara göre daha hızlı ayrıştığını belirlemiştir. Liu et al., (2007) yaptıkları çalışmada *Alnus cremastogyre*, *Cunninghamia lanceolata* ve *Michelia macclurei* ince köklerinin ayrışma oranlarını 9 °C, 14 °C, 24 °C ve 28 °C sıcaklıktaki toprakta incelediklerinde sıcaklığın artması ile ayrışmanın arttığını belirlerken, inkübasyon süresinin (mikroorganizma gelişimi sağlanana kadar geçen süre) uzamasının ayrışmayı azalttığını göstermişlerdir. Artvin yöresinde Sariyildiz ve ark., (2005c) tarafından yapılan ibre ölü örtü ayrışması çalışmalarında da, iki yıllık verilere göre

güney bakılarda kuzey bakılara oranla daha hızlı ayrışmanın gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Burada hava sıcaklığının etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yükselti ile türlerin ölü örtü ayrışmaları arasında negatif bir ilişki olduğu ve bu ilişkide sıcaklığın yükselti ile azalmasının da önemli rol oynadığı çalışmalarında ifade edilmiştir. Toprak sıcaklığında yaptığımız ölçümler ile kök ayrışma değerlerinin ilk 9 aylık sonuçları arasında önemli bir ilişki belirlenmesine rağmen ayrışmanın ilerleyen zamanlarında bu ilişkinin önemli olmadığı tespit edilmiştir. Bunun en önemli nedeninin, farklı çalışma alanlarının farklı bakı ve yükseltilerde olması nedeniyle toprak sıcaklığındaki ölçümlerin tam olarak eş zamanlı yapılamamasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Sarıçam ve doğu ladini çalışma alanlarımız orta kapalı (tepe kapallılığı % 41- % 70'e kadar) olmasına rağmen kızılğaç çalışma alanlarımız gevşek kapalı (tepe kapallılığı % 11- % 40'a kadar) bir yapıya sahiptir. Alanın genelinde kızılğaç türünden orta kapalı meşcereler olmadığı için gevşek kapalı alanlarda kızılğaç türü çalışılmıştır. Alt ve üst yükseltiler arasındaki ayrışma farklılıklarının yükseltiden mi yoksa kapalılıktan mı kaynaklandığı ileride yapılacak olan benzer çalışmalarda daha ayrıntılı olarak çalışılıp ortaya konması gereken bir konudur.

Çalışma alanının toprak ve mikroiklim özellikleri, farklı iki bakıda ve bu bakıların farklı iki yükseltisinde, her üç tür için ortaya konmuştur. Elde edilen mikroiklim özelliklerinden toprak sıcaklığı, meşcere altı sıcaklığı ve açık alan sıcaklığı ve toprak özelliklerinden nem, organik madde, toprak solunumu, tekstür, pH değerleri çalışma alanlarımızda farklılıklar göstermiştir. Bu özelliklerin ayrışmaya etki edip etmediği yada ne kadar etki ettiğini ortaya koymak için yapılan korelasyon analizlerinde sonuçlar ortaya konmuştur. İleride yapılacak olan benzer çalışmalarda bu verilerden yararlanılabileceği gibi daha ayrıntılı ve kapsamlı çalışılarak yeni değerler de ortaya konulabileceğini düşünmekteyiz.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Artvin-Kafkasör yöresinde önemli asli ağaç türlerimizden olan sarıçam ve doğu ladini ile köklerinde mikoriza bulundurmasıyla önem arz eden kızılalağaç türü kılcal (< 2 mm) ve ince (2-5 mm) köklerinin ayrışma hızlarının kendi aralarındaki ve farklı bakı, yükselti ve toprak derinlik kademesine göre değişimi ve bu değişimde çevresel faktörlerin (mikroklim ve toprak özellikleri) etkilerini inceleyen bu çalışmanın sonuçları şu şekilde özetlenebilir:

- Türler arasında kızılalağaç kılcal ve ince kökleri en hızlı ayrışmayı gösterirken bunu sarıçam ve doğu ladini kökleri izlemiştir. Güney bakıldaki köklerin ayrışması kuzey bakıldaki köklerden daha hızlı olmuştur. Her bir bakıda, alt yükseltilerdeki kökler üst yükseltide bulunan köklerden daha hızlı ayrışmıştır. Toprak derinliği ve kök çap kalınlığı arttıkça kök ayrışması yavaşlama yönündedir.
- Türler arasındaki ayrışma farklılıkları ile türlerin başlangıçta içerdiği kimyasal yapıları arasında önemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Özellikle, köklerinde en yüksek N konsantrasyonuna sahip olan kızılalağaç kökleri en yüksek ayrışmayı gösterirken, en düşük N konsantrasyonuna sahip Doğu ladini kökleri ise en düşük ayrışmayı göstermiştir. Bununla beraber, türlerin kimyasal yapısındaki hangi bileşenin etkisinin daha önemli olduğunu tespit edilebilmesi için türlerde daha ayrıntılı kimyasal analizlerin yapılmasına, özellikle ayrışmaya dirençli oluşu nedeniyle birçok çalışmada ayrışmayı etkileyen en önemli kimyasal bileşen olarak belirlenen karbon yapısı (özellikle lignin ve selüloz) analizlerinin yapılması gerekmektedir.
- Kılcal köklerdeki azot konsantrasyonu ayrışma süresine bağlı olarak bir artış göstermiştir. Azot konsantrasyonundaki artmanın orman toprağı yüzeyine düşen yeni materyallerin (yaprak, ibre, dal vb.) ayrışması sonucu eklenen N yanında ayrışmayı gerçekleştiren canlı organizmaların içerdiği miktarlardan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Fosfor ve potasyum konsantrasyonları ise

önce bir artış daha sonra ise bir azalma göstermiştir. Buradaki azalmanın bu kationların yıkanmasının kolay olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Toprak derinliğiyle kök ayrışması azalmaktadır. Bu azalmada toprak organizmalarının, organik maddenin, besin elementlerinin azalmasının, hacim ağırlığının artmasının, toprağın üzerindeki malzemenin etkisiyle daha sıkışık olmasının ayrışmayı yavaşlatan faktörler olabileceği düşünülmektedir.

- Güney bakı ve alt yükseltilerdeki kökler, kuzey bakı ve üst yükseltilerdeki köklerden daha hızlı ayrılmıştır. Bu farklılığın nedenlerinden birisi olarak kimyasal yapılarındaki farklılıklar düşünülmektedir. Farklı bakı ve yükseltilerde yetişen aynı ağaç türünün köklerin farklı kimyasal yapıya sahip olabileceğine dair bulgular elde edilmiştir. Güney ve alt yükseltilerdeki türün köklerinin azot konsantrasyonları kuzey ve üst yükseltide yetişen aynı türün köklerinin azot konsantrasyonundan daha yüksek bulunmuştur. Diğer kimyasal bileşenler burada analiz edilmemiştir. Bununla beraber, bakı ve yükseltiye bağlı olarak kökün kimyasal yapısındaki değişimin kök ayrışmasında farklılıklara neden olabileceği görülmektedir.
- İkinci neden olarak, topografyaya bağlı olarak meydana gelen çevre etmenlerinin (iklim ve toprak özellikleri) değişmesinin ayrışmayı gerçekleştiren canlıların yaşadığı çevreyi etkileyerek onların sayısını, çeşitliliğini ve aktifliğini etkilemesinden kaynaklandığını söyleyebiliriz. Kök ayrışması oranları ile mikroiklim özellikleri ve toprak özellikleri ilişkiye getirildiğinde ise kök ayrışmasını etkileyen en önemli özellik olarak hava ve meşcere altı sıcaklıklarının olduğu belirlenmiştir.

Küresel ısınma gibi küresel sorunlar ile karşı karşıya kalan dünyamızda iklimler, özellikle yağış ve sıcaklık hızla değişmektedir. Bu değişiklikler, zaman içerisinde bitki türlerinin ölü örtü ayrışmalarında rol oynayan diğer temel faktörleri (toprak organizmalarını ve kimyasal yapıyı) değiştirmekte ve ölü örtü ayrışma oranlarını etkilemektedir. Türlerdeki bu etkilenmeler ve ayrışma seyirlerinin takip edilmesine yönelik çalışmalar genelde ağaç türlerinin toprak üstü kısımları dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Oysa ağaç türlerinin toprak altında bulunan ve ağaç biyokütlesinin oldukça yüksek bir kısmını oluşturan kökler üzerine yapılan

alışmalar oldukça azdır. Bildiğimiz kadarıyla, kök ayrışma seyrine yönelik bir çalışma ülkemizde bulunmamaktadır. Çalışmamızın sonuçlarına göre, kök ayrışmasının tre, topografik yapıya, toprak derinliğine ve kök çap kalınlığına bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Küresel ısınmaya etki eden faktörler üzerine yapılan çalışmalarda ön plana çıkan karbon döngüsünün herhangi bir orman ekosisteminde tam olarak anlaşılabilmesi için bu ekosistemin toprak altı kök miktarlarının ve kök ayrışma süreçlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Elde edilen bu değerler oluşturulacak karbon döngüsü modellerinde kullanılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2005. Artvin Devlet Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü, Artvin.
- Anşin, R., 1980. Doğu Karadeniz Bölgesi florası ve asal vejetasyon tiplerinin floristik içerikleri. Doçentlik tezi, KTÜ, Trabzon, 305 s.
- Bacastow, R.B. and Keeling C.D., 1981. Atmospheric carbon dioxide concentration and the observed airborne fraction. In B. Bolin (ed.), Carbon Cycle Modelling, Scope 16. John Wiley and Sons, New York, pp. 241-246.
- Berg B, Berg M, Bottner P, Box E, Breymeyer A, de Calvo Anta R, Couteaux MM, Gallardo A, Escudero A, Kartz W, Maderia M, Malkonen E, Meentemeyer V, Munoz F, Piussi P and Remacle J De Virzo Santo A. 1993. Litter mass loss rates in pine forests of Europe and Eastern United States: some relationships with climate and litter quality. *Biogeochemistry* 20:127–59.
- Boerner, R.E., 1984. Foliar nutrient dynamics and nutrient use efficiency of four deciduous tree species in relation to soil fertility. *Journal of Applied Ecology* 21: 1029–1040.
- Botkin, D.B. and Keller, E.A., 1995. Environmental Science: Earth as a Living Planet. John Wiley, N. Y., (1st edition), 1997 (2nd edition).
- Bouyoucos, G. J., 1936. Directions for Making Mechanical Analysis of Soils by the Hydrometer Method. *Soil Sci.* 42(3).
- Brubaker, 1993. Soil Properties Associated with Landscape Position. *Soil Science Society of America Journal* 57, 235-239.
- Canadell, J., Le Quere, C., Raupacha, M., Fielde, C., Buitenhuis, E., Ciais, F., Conway, T., Gielletc, N., Houghton, R. and Marland, G. 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO<sub>2</sub> growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks, in: Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 104, no 47, pp. 18866-18870 [5 page(s) (article)].
- Chen, Z.S., Hsieh, C.F., Jiang, F.Y., Hsieh, T.H. and Sun, I.F., 1997. Relations of soil properties to topography and vegetation in a subtropical rain forest in southern Taiwan. *Plant Ecology* 132, 229-241.
- Chen, H., Harmon, M.E., Sexton, J. and Fasth, B., 2002. Fine-root decomposition and N dynamics in coniferous forests of the Pacific Northwest, U.S.A. *Canadian Journal of Forest Research*, 32 (2), pp. 320-331. Cited 27 times.

- Chen, H., Rygielwicz, P.T., Johnson, M.G., Harmon, M.E., Tian, H. and Tang, J.W., 2008. Chemistry and long-term decomposition of roots of Douglas-fir grown under elevated atmospheric carbon dioxide and warming conditions. *Journal of Environmental Quality*, 37 (4), pp. 1327-1336.
- Çağlar, Y., 1998. Baltalar Kafamızda, Kırsal Çevre ve Ormanlık Sorunları Araştırma Derneği Yayını, Ankara.
- Çepel, N., 1984. Orman Ekolojisi, İ.Ü. Yayın No: 3118, Orman Fak. Yayın No: 399, İstanbul.
- Demirsu, A., 1954. Çıldır-Posof-Şavşat-Kemalpaşa bölgesinin jeolojik etüdü hakkında memuar, Ankara, MTA. rapor No. 2377.
- Dilustro, J.J., Day, F.P. and Drake, B.G., 2001. Effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> on root decomposition in a scrub oak ecosystem. *Global Change Biology*, 7 (5), pp. 581-589. Cited 15 times.
- Dornbush, M.E., Isenhardt, T.M. and Raich, J.W., 2002. Quantifying fine-root decomposition: An alternative to buried litterbags. *Ecology*, 83 (11), pp. 2985-2990. Cited 12 times.
- Ebbesen, E., 1997. TW Carbon nanotubes—preparation and properties. Boca Raton, Florida: CRC Press. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Karbon>.
- Ehrenfeld, J.G., Kourtev, P. and Huang, W., 2001. Changes in soil functions following invasions of exotic understory plants in deciduous forests. *Ecol.1 Applic.* 11, 1287-1300.
- Eminağaoğlu, Ö. and Anşin, R., 2004. The flora of Hatilla valley national park and its closeenvirons (Artvin). *Turkish Journal of Botany* 28,557-590.
- Eminağaoğlu, Ö. and Anşin, R., 2005. The flora of Cerattepe, Meydanlar, Demirci, Gavur Creek and near environment in Artvin. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi A*, 35, 2, 32-46.
- Fogel, R., 1983. Root turnover and productivity of coniferous Forests. In: *Tree Root Systems and Their Mycorrhizas* (Ed.by D.Atkinson, K. Bhat, M. Coutts, P. Mason, & D. Read), pp. 75-86. Junk, Boston
- Fujimaki, R., Takeda, H. and Wiwatiwitaya, D., 2008. Fine root decomposition in tropical dry evergreen and dry deciduous forests in Thailand. *Journal of Forest Research*, 13 (6), pp. 338-346.
- Gartner, T.B. and Cardon, Z.G., 2004. Decompositions dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos*. 104: 230-246.
- Gattinger, T.E., 1962, 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Trabzon paftası ve izahnamesi, MTA yayını, 75 s., Ankara.



- Harmon M.E., Franklin J.F., Swanson F.J., Sollins P., Gregory S.V., Lattin J.P., Anderson N.H., Cline S.P., Aumen N.G., Sedell J.R., Lienkaemper G.W., Cromack, K. Jr. and Cummins K.W., 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystem. *Adv. Ecol. Res.* 15, 133-302.
- Heal, O.W., Anderson, J.W. and Swift, M.J., 1997. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*, eds. G. Cadisch and K. E. Giller, International Wallingford, U.K. pp. 3-45. CAB.
- Hendrick R.I. and Pregitzer K.S., 1993. Patterns of fine root mortality in two sugar maple forests. *Nature* 361: 59-61.
- Hobbie, R., 1996. Temperature and plants species controls over litter decomposition in Alaskan tundra. *Ecological Monographs* 66, 503-522.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*.
- Janzen, H.H., 2004. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104:399-417.
- Kalra, Y.P. and Maynard, D.G., 1991. Method manual for forest soil and plant analysis. Nort West region Information Report NOR. X-319.
- Kalyn, A.L. and Van Rees, K.C.J., 2006. Contribution of fine roots to ecosystem biomass and net primary production in black spruce, aspen, and jack pine forests in Saskatchewan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 140 (1-4), pp. 236-243. Cited 4 times.
- Kantarıcı, M.D., 2000. Toprak ilmi (2. Baskı), İ.Ü. Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, (XII + 420), Çantay Basımevi, İstanbul, ISBN: 975-505-588-7.
- Ketin, İ., 1954. Artvin bölgesinin jeolojik etüdü hakkında memuar, MTA Rapor No. 1954, Ankara.
- Kurz-Besson, C., Couteaux, M.,M., Berg, B., Remacle, J., Ribeiro, C., Romanya, J. and Thiery, J.M., 2006. A climate response function explaining most of the variation of the forest floor needle mass and the needle decomposition in pine forest across Europe. *Plant and Soil* 285:97-114.
- Klötzli, F., 1980. *Unsere Umwelt und Wir. Eine Ein Führung in die ökologie.* Halweg Verlg, Bern end Stuttgart, Büchereiausgabe, foliert, Stempel, sonst gut. ISBN: 3444101805.
- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security, *Science* 304:1623-1627.
- Liu, Y., Wang, S.-L., Wang, X.-W., Yu, X.-J. and Yang, Y.-J., 2007. Effects of tree species fine root decomposition on soil active organic carbon. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 18 (3), pp. 481-486. Cited 2 times.

- Lohmus, K. and Ivask, M., 1995. Decomposition and nitrogen dynamics of fine roots of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) at different sites. *Plant and Soil*, 168-169 (1), pp. 89-94. Cited 17 times.
- MTA, 1989. Türkiye Jeoloji Haritası, Harita Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- Neftel, A., Oeschger, H., Schwander, J., Stauffer, B. and Zimbrun, R., 1982. Ice core sample measurements give atmospheric CO<sub>2</sub> content during the past 40000 yr. *Nature* (London) 295, 220-223.
- Olson, J.S., 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 14, 322-331.
- Püttsepp, Ü., Lohmus, K. and Koppel, A., 2007. Decomposition of fine roots and  $\alpha$ -cellulose in a short rotation willow (*Salix* spp.) plantation on abandoned agricultural land. *Silva Fennica*, 41 (2), pp. 247-258.
- Pyo, J.-H., Shin, C.-H., Namgung, J., Kim J.-H. and Mun, H.-T., 2002. Weight loss and nutrients dynamics during the decomposition of fine roots. Department of Biology, Kongju National University, Kongju 314-701, Korea, *J.Ecol.*, 25(1): 41-44.
- Raich J.W. and Tüfekçioğlu, A., 2000. Vegetation and soil: Correlations and Controls, *Biogeochemistry*, 48(1), 71-90.
- Sariyildiz, T., 2000. Biochemical and Environmental Controls of Litter Decomposition. PhD thesis. Schlesinger, W.H. 1977. Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual Review of Ecological Systems* 8, 51-81.
- Sariyildiz, T. and Anderson, J.M., 2003. Interactions between litter quality, decomposition and soil fertility: a laboratory study. *Soil Biol. Biochem.* 35, 391-399.
- Sariyildiz, T. and Anderson, J.M., 2005a. Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey. *Soil Biol. Biochem.* 37 (9), 1695-1706.
- Sariyıldız, T., Tüfekçioğlu, A. and Küçük, M., 2005b. Doğu ladini (*picea orientalis* (L.) link) ibrelerinin ayrışmasında kimyasal yapının, tür karışımının ve orman güllünün (*rhododendron ponticum* l.) etkisi, *Ladin Sempozyumu*, I. Cilt, 130-141, Trabzon.
- Sariyildiz, T., Tüfekcioglu, A. and Küçük, M., 2005c. Comparison of Decomposition Rates of Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) Litter in Pure and Mixed Stands of Both Species in Artvin, Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 429-438.
- Sariyildiz, T. and Küçük, M., 2008. Litter Mass Loss Rates in Deciduous and Coniferous Trees in Artvin, Northeast Turkey: Relationships With Litter Quality, Microclimate and Soil Characteristics, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32 (6), 547-559.

- Silver, W.L. and Miya, R.K., 2001. Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. Received: 2 October 2000 / Accepted: 20 April 2001 / Published online: 26 June 2001, Springer-Verlag, *Oecologia* 129:407-419
- Standish, R.J., 2004. Impact of an invasive clonal herb on epigaeic invertebrates in forest remnants in New Zealand. *Biological Conservation* 116: 49–58.
- Tolunay, D., 2007. Toprak fonksiyonları ve bu fonksiyonlar üzerindeki tehditler, Eylül, 80-88.
- Tüfekçioğlu, A. and Küçük, M., 2004. Soil Respiration in Young and Old Oriental Spruce Stands and in Adjacent Grasslands in Artvin, Turkey, *Turkish Journal Of Agriculture and Forestry*, Volume:28, Number:6, p:429-434.
- Usman, S., Singh, S.P., Rawat, Y.S. and Bargali, S.S., 2000. Fine root decomposition and nitrogen mineralisation patterns in *Quercus leucotrichophora* and *Pinus roxburghii* forests in central Himalaya. *Forest Ecology and Management*, 131 (1-3), pp. 191-199. Cited 14 times.
- Usman, S., 2002. Production and decomposition of fine roots in central Himalayan forest species. *Journal of Tropical Forest Science*, 14 (1), pp. 26-34.
- Vitousek, P.M., Turner, D.R., Parton, W.J. and Sandford, R.L., 1994. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii: Patterns, mechanisms and models. *Ecology* 75 (2), 418-429.
- Zhang, X., Wu, C., Mei, L., Han, Y. and Wang, Z., 2006. Root decomposition and nutrient release of *Fraxinus manshurica* and *Larix gmelinii* plantations. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 17 (8), pp. 1370-1376. Cited 2 times.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ACAR, Murat  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 19/05/1986- Giresun  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (541) 212 30 07  
Faks : 0 (454) 216 33 01  
e-mail : murat\_acar\_28@hotmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	AÇÜ/Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2009
Lisans	KAÜ/Orman Mühendisliği Bölümü	2007
Lise	Giresun Atatürk Lisesi	2002

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007-2008	Kastamonu-Bozkurt-Abana Amenajman Planlaması	Orman Mühendisi

### Yabancı Dil

İngilizce