T.C.
ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇANKIRI ELDİVAN YÖRESİNDE FARKLI GELİŞME ÇAĞLARINDAKİ ANADOLU KARAÇAMI MEŞCERELERİNDE ÖLÜÖRTÜ AYRIŞMASI

TUĞBA TUNÇ

ÇANKIRI
2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Tuğba TUNÇ tarafından hazırlanan **"Çankırı Eldivan Yöresinde Farklı Gelişme Çağlarındaki Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması"** adlı tez çalışması 24/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR

Jüri Üyeleri

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Murat SARGINCI

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ebru GÜL

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Tamer KEÇELİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "Çankırı Eldivan Yöresinde Farklı Gelişme Çağlarındaki Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim. (22/02/2019).

Tunç.

Tuğba TUNÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇANKIRI ELDİVAN YÖRESİNDE FARKLI GELİŞME ÇAĞLARINDAKİ ANADOLU KARAÇAMI MEŞCERELERİNDE ÖLÜÖRTÜ AYRIŞMASI

Tuğba TUNÇ
Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR

Bitki büyümesi ve gelişimi, karasal ekosistemdeki ayrışma süreçleriyle yakından ilgilidir. Orman ekosistemlerinde ölü örtü ayrışması, ağaçların gelişmesi için gerekli olan besin elementlerinin deposu olması yanında, toprak mikro ve makro organizmaları için bir enerji kaynağıdır. Türkiye'de Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) ölüörtü ayrışması ile ilgili çalışmalar yetersizdir. Bu tez çalışması kapsamında, İç Anadolu-Karadeniz geçiş kuşağında yer alan Çankırı Karatekin üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda, farklı gelişme çağlarındaki karaçam meşcerelerindeki ibre ölüötüsünün ayrışması ve buna bağlı olarak kimyasal içeriklerini belirlenmesi amaçlanmıştır. Karaçam meşcerelerinde üç farklı gelişim çağında (ab, b ve c) örnek alanlar seçilmiştir. Ölüörtü kapanlarından ibreler 2016'nın yazında toplanıp bu örneklerden 4-5 g tartılarak 20×20 cm genişliğinde 2mm gözenek açıklığında fiber sinek tellerinden yapılmış keselere konulmuştur. Kasım 2016 da her meşcerenin altına o alandan toplanan ibrelerinden hazırlanmış ölüörtü keseleri sahalara yerleştirilmiştir. Ölüörtü keseleri iki ayda bir alanlardan alınarak toplamda 216 adet ölüörtü kesesi toplanmıştır. Kalan ölüörtü kütlesi ve ayrışma oranı olan k sabiti belirlenmiştir. Bir yıllık çalışmanın sonucunda, farklı gelişme çağlarındaki karaçam meşcerelerinde ölüörtünün ortalama kalan kütlesi, Çkab, Çkb ve Çkc meşcerelerinde sırası ile % 69,90, % 75,92 ve % 73,57 olarak bulunmuştur. Çkab alanında k sabiti 0,36 Çkb alanında 0,27 Çkc alanında 0,30 olarak bulunmuştur. Buna göre, araştırma alanında genç karaçam meşceresinde ayrışmanın, yaşlı meşcerelere kıyasla daha hızlı olduğu ortaya koyulmuştur.

2019, 49 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ölüörtü, ayrışma, araştırma ormanı, karaçam, yarıkurak

ABSTRACT

Master of Science Thesis

LITTER DECOMPOSITION IN DIFFERENT DEVELOPMENT STAGE OF ANATOLIAN BLACK PINE STANDS IN ÇANKIRI-ELDİVAN REGION

Tuğba TUNÇ
Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering
Superviser: Ast. Prof. Dr. Meriç ÇAKIR

The growth and development of plants are closely related with the decomposition processes in terrestrial ecosystems. The litter decomposition in forest ecosystems serves a reservoir of nutritional elements that is essential for the development of the trees and energy source for the soil micro- and macroorganisms. The study of litter decomposition of Anatolian pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) was inadequate. The aim of this thesis, determine the decomposition and chemical contents of needle litter of Anatolian pine stands of various development stages during the decomposition processes. The studies were conducted in the Research and Application Forest of Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, which locates at a transition zone between central Anatolian and black sea region climate. Sampling areas were selected from stands of Anatolian pine of different development stages (ab, b and c). Pine needles were collected from litter traps in Summer 2016 and were used to prepare the 20×20 cm needle litter meshes which consist of 4-5 g of needles placed in fiber-glass nets of 2 mm mesh size. A total of 216 litter bags were placed on the forest floor in November of 2016 and were collected for analysis bimonthly. The remaining litter mass and the *k* constant as the unit of decomposition ratio was determined. The remaining litter masses were 69.90, 75.92, and 73.57 %, whereas the *k* constant values were 0.36, 0.27 and 0.30 in Çkab, Çkb and Çkc stands of pure Anatolian pine stands respectively. Thus, the litter decomposition was found to be faster in the young pine stands in comparison to the older ones in this research forest.

2019, 49 pages

Key words: Litter, decomposition, research forest, black pine, semi-arid

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Çankırı Eldivan Yöresinde Farklı Gelişme Çağlarındaki Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması” adlı bu çalışma 2016-2018 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü’ nde “Yüksek Lisans” tezi olarak sunulmuş olup, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından 215O572 nolu proje ile desteklenmiştir.

Tez konusunun belirlenmesinde bilgi birikimiyle bana yol gösteren, arazi ve laboratuvar çalışmalarım da birebir ilgilenen, aynı zamanda güler yüzü ve neşesi ile motivasyonu artıran Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi çok değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR’a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli jüri üyeleri Düzce Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı Dr. Öğr. Üyesi Murat SARGINCI ve Çankırı Karatekin Üniveritesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Toprak İlmi ve Ekoloji ABD öğretim üyesi Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ebru GÜL’ e teşekkür ederim.

Arazi ve labaratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen ve her türlü kahrımı çeken Toprak İlmi ve Ekoloji ABD öğretim üyesi Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ebru GÜL’ e değerli dostlarım Tunahan ÖZTÜRK, Fatma ORHAN, Selami ASİL ve Derya ÇAKIR’a ve yine arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Figen ÇAKIR ve Dr. Öğr. Üyesi Funda OSKAY’a arkadaşlarım Mert TANI, ve Burak Derman AYDOĞANOĞLU’ na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca maddi manevi tüm desteklerini esirgemeyen aileme sabırlarından dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Tuğba TUNÇ
Ocak 2019, Çankırı

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER ve kısaltmalar DİZİNİ ..... **v**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vi**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **vii**
1.GİRİŞ **1**
2.KAYNAK ÖZETLERİ **4**
3.MATERYAL VE YÖNTEM **11**
3.1 Materyal **11**
3.1.1 Araştırma Alanının Tanıtımı **11**
3.2 Yöntemler **12**
3.2.1 Örnek Alanların Seçimi ve Tanıtımı **12**
3.2.2 İbrelerin Toplanması ve Keselerin Hazırlanması **14**
3.2.3 Araziden Alınan Keselerde Yapılan İşlemler **15**
3.2.4 Fiziksel Analizler **16**
3.2.5 Kimyasal Analizler **17**
3.2.6 İstatistiksel analizler **18**
4.BULGULAR VE TARTIŞMA **19**
4.1.Meşcerede yapılan ölçümler **19**
4.2.Ayrışmaya İlişkin Bulgular **19**
4.3.Ölüörtünün Kimyasal Bileşenleri **23**
5.SONUÇ **31**
KAYNAKLAR **33**
ÖZGEÇMİŞ **39**

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklamalar**
C:	Karbon
CO_2:	Karbondioksit
N:	Azot
OM:	Organik madde
k:	Ayrışma sabiti
Mo:	Başlangıçtaki ölüörtü
Mt:	Çalışma süresi sonundaki ölüörtü
ha:	Hektar
n:	Örnek sayısı
°C:	Santigrat Derece
subsp:	Alt Tür
var:	varyete
vd:	ve diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Karaçam türünün dünya üzerinde yayılışını gösteren harita. 2
Şekil 2.1. Önemli kimyasal bileşenlerin ayrışmanın üç ana fazındaki zamansal değişimi 5
Şekil 2.2. Ölüörtü kütlesi ve ölüörtü dökümü ile ortalama konaklama süresi 5
Şekil 3.1. Araştırma alanının coğrafi konumu 11
Şekil 3.2 Araştırma ormanında seçilen a) Çkb, b) Çkc ve c) Çkab meşcerelerinin genel görünüşü, Çk: Karaçam, ab: gençlik ve sıklık çağı, b: sırıklık ve direklik c: ince ağaçlık 13
Şekil 3.3 Araştırma alanından seçilen üç meşcereye ait deneme deseni 14
Şekil 3.4 Ölüörtü kapanları 14
Şekil 3.5 İçlerine Karaçam ibreleri ve alüminyum etiket konan ölüörtü keseleri .15
Şekil 3.6 Araziden alınan kese örneği ve temizlendikten sonra alüminyum kaplara alnınan ibre örnekleri 16
Şekil 4.1 Örnekleme alanlarındaki ölüörtü keselerinden elde edilen kalan kütle, kütle kaybı ve *k* sabiti grafikleri.....20
Şekil 4.2 Örnekleme alanlarındaki ölüörtü keselerinden elde edilen karbon, azot ve C/N'un zamansal değişimi 25
Şekil 4.3 Örnekleme alanlarındaki aylık olarak ölüörtü keselerinden elde edilen ADF, lignin ve lelüloz ve lignin/N grafikleri 28

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Üç farklı gelişim çağında yapılan yaş, boy ve çap ölçümleri 19
Çizelge 4.2 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre kalan kütle miktarı 21
Çizelge 4.3 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre kalan ayrışma sabiti **(***k*) değerleri.....22
Çizelge 4.4 Ölüörtünün başlangıçtaki kimyasal değerleri 24
Çizelge 4.5 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre karbon (%) değerleri 26
Çizelge 4.6 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre azot (%) miktarları.....26
Çizelge 4.7 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre C/N oranları 27
Çizelge 4.8 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre ADF (%) miktarları.....28
Çizelge 4.9 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre lignin (%) miktarları.....29
Çizelge 4.10 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre selüloz (%) miktarları.....30
Çizelge 4.11 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre lignin/N oranı 30

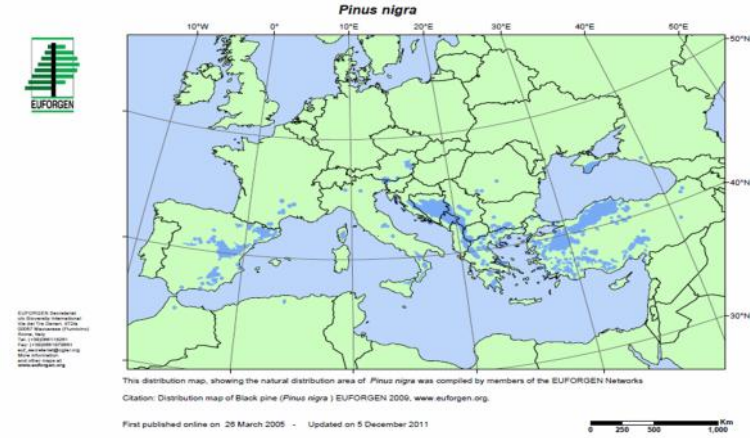
1. GİRİŞ

Orman toprağının üzerinde bitkisel ve hayvansal artıklardan ibaret bir organik tabaka mevcuttur. Bu tabaka içerisinde yaprak, ibre, kabuk ve dal parçaları, kozalak pulları, tohum karpelleri daha sonra dal, tomurcuk, erkek çiçek, dişi çiçek, çeşitli likenler, ökse otları gibi bitki artıkları bulunur (Dündar 1988). Ölüörtü olarak adlandırılan bu organik tabakanın ve humik maddelerin kaynağını büyük miktarda ölüörtü dökümü oluşturmaktadır (Çakır ve Akburak 2017). Dökülen organik haldeki ölüörtünün fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak inorganik bileşenlerine ayrılması olayına ayrışma denmektedir (Swift vd. 1979). Ayrışmaya başlayan ölüörtü her yıl döküm ile gelen organik madde tarafından örtülmektedir. Orman ekosistemlerinde ölü örtü ayrışması, ağaçların gelişmesi için gerekli olan besin besin maddelerinin deposu olması yanında, toprak mikro ve makro organizmaları için bir enerji kaynağıdır (Heal vd. 1997).

Dünya topraklarının yaklaşık % 31'ini kurak ve yarıkurak sahalar oluşturmaktadır (Malagnoux 2007). Yıllık yağışın 300-600 mm arasında olan yerler "yarıkurak" olarak kabul edilmektedir ki buna göre ülkemizin yaklaşık % 40'ında kuraklık söz konusudur. Kurak ve yarıkurak bölgelerde yapılacak ormancılık faaliyetleri daha nemli ve normal olarak adlandırabileceğimiz alanlardan farklılık göstermektedir (Ürgenç 1998). Bu yüzden yarıkurak orman ekosistemlerinde yapılacak ormancılık faaliyetleri için önemli ekosistem süreçlerinin bilinmesi gerekmektedir (Ürgenç 1998, Turna vd. 2006). Kurak ekosistemlerde bitki gelişimi için hayati öneme sahip süreçler vardır. Bunlardan birincisi yağış ikincisi ise sağlık göstergesi olan döküm miktarı ve ayrışma sonucunda toprağa geri dönen organik ve besin maddesi miktarıdır (Austin ve Vivanco 2006, Pitman vd. 2010, Çakır ve Akburak 2017).

Karaçam ülkemizdeki ağaçlandırma çalışmalarında en çok kullanılan türlerden birisidir. Karaçamın doğal yayılış alanı Balkanlar, Güney Karpatlar, Kırım, Türkiye Kıbrıs ve Suriyedir (Kayacık 1963, Alptekin 1986a-b; Yaltırık 1988). Ülkemizdeki yayılışı Karadeniz, Marmara ve Ege Bölgesi ile Toros dağları ve iç Anadolu bölgesinde olup 400- 2100 m yükseltiler arasında yer alır (Şekil 1.1). İğne yapraklar 4-18 cm

uzunluğunda, sert ve koyu yeşildir. Karaçamlar Türkiye'nin en önemli ağaçlarından biri olup değişik yetişme ortamı koşulları altında yayılırlar (Akkemik vd. 2011).



Şekil 1.1. Karaçam türünün dünya üzerinde yayılışını gösteren harita.

Ülkemizde yapılan Karaçam ibrelerinin ayrışması ile ilgili verilerin (Irmak ve Çepel 1974) Avrupa'daki karaçam ekosistemlerinden elde edilen verilerle uyumu sınırlı olduğundan, verilerin karşılaştırılması bakımından da güçlükler yaşanmaktadır (Berger vd. 2005, Sarıyıldız vd. 2008, Çakır 2017). Bu nedenle, yarı kurak ekosisteme sahip Çankırı yöresinde doğal yayılış gösteren Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) türü ibre ayrışması üzerinde çalışılmıştır. Meşcere; ormanı oluşturan ağaç türlerini, bu türlerin içinde bulundukları gelişim çağlarını ve oluşturdukları kapalılığı ifade eden bir kavramdır. Orman amenajman planlarında ağaç türü harflerle gösterilmektedir. Çalışmamıza konu olan ağaç türü karaçam olup "Çk" harfleri ile gösterilmektedir. Meşcerelerdeki gelişim çağları ağaç gövdesinin 1,3 m yükseklikteki çaplarına (göğüs çapı) göre sınıflandırılmakta ve bu sınıflara (1,30m'deki çap aralıkları 0-7,9), b (1,30m'deki çap aralıkları 8-19,9), c (1,30 m'deki çap aralıkları 20-35,9), d (1,30 m'deki çap aralıkları 36-51,9), e (1,30 m'deki çap aralıkları >51,9) harfleri ile ifade edilmektedir. Gelişim çağlarında bulunan ağaçların toprak yüzeyini örtme dereceleri (kapalılık) 3 gruba ayrılarak meşcere tiplerinde gösterilmektedir (1 kapalı 10-40, 2 kapalı 40-70, 3 kapalı >70) (Genç 2004).

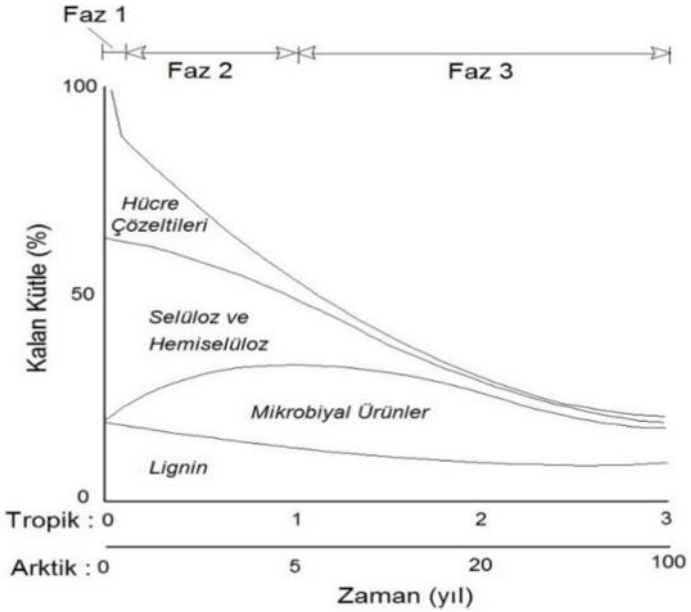
Amenajman planında yer alan örneğin; Çkab3 kısaltması bir karaçam meşceresinde, ağaç göğüs çapları 7,9-19,9cm arasında değişen ve toprağın birim alanda % 70'inden daha fazla kısmını siperleyen orman parçasını ifade eder.

Çankırı ili Eldivan İlçesinde bulunan Orman Fakültesi Uygulama ve Araştırma Ormanında gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı farklı gelişim çağlarındaki Karaçam meşcerelerinde ibre ölüörtüsü ayrışmasının belirlenmesidir. Bunun yanı sıra ölüörtünün bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek ve ayrışma ile ilişkisini ortaya koymak araştırmanın diğer bir amacını oluşturmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

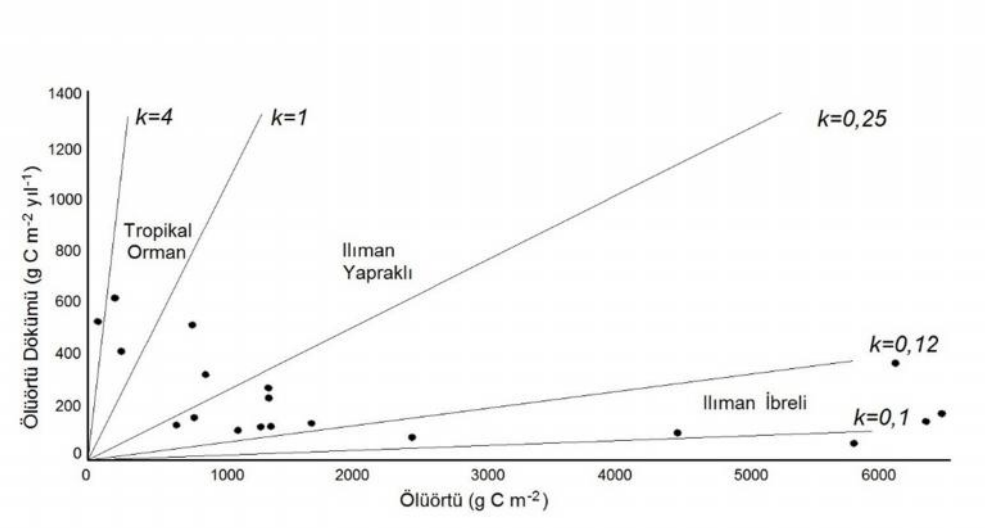
Sarıyıldız ve Anderson (2003)'a göre ayrışma olayı, ayrışan ölü örtü özelikleri (besin içeriği, lignin, tanen vb.) ile sahanın iklimi, meşcere özellikleri, toprağın tanecik bileşimi, pH, havalanma vb. çevresel değişkenlerin etkileşimiyle meydana gelmektedir. Ayrışma ile birlikte ölüörtü kütlesi zamanla, üstel olarak azalır (Olson 1963). Yaprak örtüsü genellikle ilk yıl kütlesinin % 30-70'ini daha sonraki 5-10 yıl içerisinde kütlesinin % 20-30 unu kaybeder (Berg ve McClaugherty 2007). Ayrışma yaşlı ekosistemlerde daha az değişkendir ve güvenilirliği yüksektir (Berg ve Staaf 1980). Genç ekosistemler içerisindeki süreçler yıldan yıla büyük değişiklikler (sıklık, kapalılık, tür bileşimi) gösterebilirler bu da ayrışma sabitinde büyük değişikliklere neden olabilmektedir (Odum ve Barrett 2008).

Anlık bir oran olan ayrışma modeli zamanla değişir. Süreç üç fazlı bir eğri ile açıklanabilmektedir (Şekil 2.1). İlk fazda taze ölüörtü, yıkanan hücre çözeltileri ile 24 saatte kütlesinin % 5 ini kaybeder. İkinci fazda ayrışma daha uzun süre devam eder, bu süreçte toprak hayvanları ile parçalanma, mikroplar ile kimyasal değişim ve yıkanma olayları meydana gelir (Chapin vd. 2002). Bu fazdaki yapraklarda (Aerts 1997), köklerde (Kisselle vd. 2001) veya dallardaki kütle kaybı periyodik olarak ölüörtü kese yöntemi ile ölçülebilmektedir. Ayrışma modeli genellikle ikinci fazda belirlenir. Ayrışmanın son ve üçüncü basamağı çok uzun sürer, bu faz kimyasal değişime uğramış organik maddenin, mineral toprağa karışmasını ve diğer toprak horizonlarına yıkanmasını içerir. (Ponsard ve Arditi 2000, Scheu ve Falca 2000). Ayrışma oranı ve sabiti (*k*) bu üç fazla ilişkili olarak değişir. Couteaux vd. (1995) ayrışmada ilk aşamayı, lignin dışı bileşiklerin (karbonhidrat ve selüloz kolay çözülebilir) N, P ve S içeriklerinin etkilediğini ifade etmektedir.



Şekil 2.1. Önemli kimyasal bileşenlerin ayrışmanın üç ana fazındaki zamansal değişimi (Chapin vd. 2002).

Olson (1963) bitkilerde ayrışma oranının (*k*) farklı olduğunu ve bu değerin 0,25 ile 4 arasında olduğunu belirtmiştir. Bu doğrultuda tropikal bölgelerde hızlı ayrışma olduğundan *k* değeri 4 iken, karasal bölgelerde ise *k* değerinin daha düşüktür (Şekil 2.2). Diğer çevre özellikleri ve ayrıştırıcıların aynı olduğu ortamlarda, sıcaklıkta meydana gelebilecek artışla ölü örtü ayrışması arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Hobbie 1996). Prescott ve Blevins (2000) çam ibrelerinde yaptığı bir çalışmada ölü örtü ayrışmasının kurak bölgelerde yavaş, nemli bölgelerde daha hızlı olduğunu belirtmiştir.



Şekil 2.2. Ölüörtü kütlesi ve ölüörtü dökümü ile ortalama konaklama süresi (Olson 1963).

Ölü örtü toprakların infiltrasyon kapasitesini ve perkolasyonu arttırmakta, strüktür, tekstür vb. özellikleri etkilemektedir. Ölü örtü yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğundan yağış sularını geçici olarak depolar ve toprak yüzeyinde olan evaporasyonu azaltarak erozyonu önlemektedir (Karagül 1990). Bu nedenle ölü örtü ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır. Araştırmaların büyük bir kısmı yurt dışı kaynaklı olup ölü örtü miktarı ve ayrışmasını belirlemeye yöneliktir. Ayrışma koşullarını denetleyen bir etken olan azot birikiminin yüksek olması karbonun ayrışmasını yavaşlatmakta ve ölü örtünün birikmesine neden olmaktadır (Michel ve Matzner 2002). Ayrışmanın olmadığı bir durumda ekosistemler besin maddelerini biriktirerek, atmosferik CO_2'in tükenmesine sebep olup bunun sonucunda biyolojik süreçler durma noktasına gelir (Chapin vd. 2002).

Günümüze 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 ya da bunların birbirine olan oranları C/N, lignin/N gibi) (Kurz Besson vd. 2006).

Ölüörtüyü oluşturan yaprak ve dalların keselere konularak ağırlık kaybının başka bir değişle ayrışmanın belirlenmesi, 1957'den beri kullanılan en yaygın ve geçerliliğini ispatlamış bir yöntemdir (Bocock ve Gilbert 1957, Crossley ve Hoglund 1962, Bocock 1964, Wiegert 1974, John 1980, Chadwick vd. 1998, Hansen ve Coleman 1998, Sariyildiz 2003, Sariyildiz ve Anderson 2003, Kurz-Besson vd. 2005, Palosuo vd. 2005, Sariyildiz ve Anderson 2005, Sariyildiz vd. 2005a, Sariyildiz vd. 2005b, Sariyildiz 2008, Zhang vd. 2008, Daudu vd. 2009, Kampichler ve Bruckner 2009, Ono vd. 2009, Tu vd. 2011, Çakıroğlu 2011, Ball vd. 2014, Butenschoen vd. 2014, Cizungu vd. 2014, Hristovski vd. 2014, Jiang vd. 2014, Li vd. 2014, Van Nevel vd. 2014, Wang vd. 2014, Ferreira vd. 2015, Leifheit vd. 2015, Li vd. 2015, Lin vd. 2015, Schaller ve Brackhage 2015, Smyth vd. 2015, Çakır 2013, Çakır 2017, Çakır ve Tunç 2018). Kütlesi bilinen

ölüörtü, keseler içerisine konularak araziye bırakılır. Daha sonra belirlenen aralıklar ile toplanarak tekrar kütlesi ölçülür ve zaman içerisinde kütledeki değişim belirlenir. Dünya genelinde bu yöntemle ayrışma oranları belirlenmek istenmiştir. Ülkemiz ormanlarında ölüörtü ile ilgili çalışmalar; Arol (1959) tarafından Bolu civarı göknar, kayın ve çam meşcerelerinde ölüörtü miktarı ile besin maddesi içerikleri araştırılarak başlamıştır.

Dündar (1987) yılında ölü örtünün kimyasal içeriği ile ilgili yaptığı bir çalışmada ligninin, odunlaşmış lifin metoksil içeren aromatik bölümü olarak belirtmiştir. Kimyasal olarak selülozla bağlantılıdır. Kısa ömürlü organlar, daha az lignin ve sekonder kimyasal bileşikler bulundururlar ve daha hızlı parçalanırlar. Yaşlı yapraklar gibi uzun ömürlü bitki kısımları daha fazla lignin ve daha az protein bulundururlar ve daha yavaş parçalanırlar. Karbon'un azota oranı ayrışamın seyri hakkında bilgi veren önemli bir parametredir. C/N oranı yüksekse ayrışma hızı düşüktür, C/N oranı düşükse ayrışma hızı daha yüksektir (Kantarcı 1987 ve Côte vd. 2000). Kavvadias vd. (2001) Kuzey Yunanistan'da yaptıkları çalışmada kayın, göknar, sahil çamı ve karaçamda ölüörtü birikimi ve ayrışma oranlarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda ibrelerde en düşük lignin miktarını kayın yapraklarında buna bağlı olarak en hızlı ayrışma kayında daha sonra sırasıyla göknar, karaçam ve sahil çamında bulunmuştur. En düşük C/N oranını kayın türünde tespit edilmiştir.

Sarıyıldız (2003) tarafından doğu ladini, sarıçam ve anadolu kestanesinde yapılan bir çalışmada en hızlı ayrışmanın anadolu kestanesinde olduğu belirlenmiştir. İki yılın sonunda kütle kaybı yüzdeleri sırasıyla ladinde % 35,9 sarıçamda % 51,1 ve anadolu kestanesinde % 64,5'tir. Araştırma sonuçları ayrışmayı etkileyen en önemli faktörün yaprak ve ibrelerin lignin içeriği olduğunu göstermiştir. Ladin ibreleri kayın yapraklarından daha iyi ayrışmış, bu iki türün başlangıçta içerdiği lignin miktarı ayrışma oranlarını etkileyen en önemli faktördür. Albers vd. (2003) tarafından Kuzey Almanya da yapılan bir çalışmada kayın ve ladin ibrelerinin ayrışması incelenmiş ve ladin ibrelerinin kayın yapraklarından daha hızlı ayrıştığını, *k* değerlerini ladinde 0,25 ve kayında 0,18 olarak bulmuşlardır. Ladin ve kayında başlangıçtaki C miktarı ayrışma boyunca azalma göstermiştir. N miktarı kayın ağaçlarında ilk 3 ay azalma gösterirken

ladin ibrelerinde 6 haftada azalış sağlamıştır ve daha sonraki aşamalarda hem ladin hem de kayın örneklerinde artış göstermiştir. Her iki türde de C/N oranı başlangıçtakine göre azalış göstermiştir.

Sarıyıldız vd. (2005) farklı coğrafik bölgelerde bulunan ölü örtünün ayrışması üzerinde iklim özellikleri etkili olduğunu ancak, daha sınırlı, yerel alanlarda ise ayrışan ölü örtünün kimyasal yapısının etkili olduğunu belirtmiştir. Bununla beraber, yerel alanlardaki topografik yapılanmadan (farklı bakı, yükselti ve eğim) kaynaklanan farklı mikroiklim özellikleri ile farklı toprak özelliklerinin türlerin kimyasal bileşenlerinin konsantrasyonlarını etkilediği ve bu nedenle de ayrışmalarının farklı olduğu bildirilmiştir. Üç farklı türde yaptığı çalışmada kayın, meşe ve sarıçam türlerinde bakı ve eğimin etkisini iki yıl boyunca araştırmışlardır. En hızlı meşe ayrışırken ardından sarıçam ve kayın olarak sıralamışlardır. Kuzeye bakan yamaçlarda güneye bakan yamaçlara oranla ayrışma oranı hızlı çıkmıştır. Eğim arttıkça ayrışmanın yavaşladığını belirlemişlerdir. Berger vd. (2005) tarafından Avusturya'nın kuzeydeki Hochschwab alplerinde kayın ve karaçam üzerinde yapılan bir çalışmada ölörtü kese tekniği kullarak iki yıllık ayrışmanın sonucunda ortalama kalan kütle kayın da % 54, karaçam da % 50 olarak bulmuşlardır.

Kavak, kızılağaç ve dişbudak türlerinde yapılan bir çalışmada en hızlı ayrışmayı kavak yaprakları göstermiştir. Bunun nedeni olarak kızılağaç yapraklarında yüksek miktarda N olmasına rağmen kavağın ayrışma ortamındaki sıcaklık ve nemin daha uygun olması gösterilmiştir (Perez-Corona vd.2006). Sarıyıldız vd. (2008) farklı bölgelere ait Ankara ve Artvin de kestane, meşe, sarıcam ve karaçam türlerinin ölü örtülerinin ayrışma oranları üzerinde kimyasal yapılarının ve iklim faktörlerinin etkisi araştırmışlardır. Türlerin ayrışma oranları karşılaştırıldığında, bir yılın sonunda her iki ortamda da kestane türünün kalan kütlesi yaklaşık % 56 iken meşede % 67 sarıçamda % 69 karaçamda % 75 olarak bulmuşlardır. En az lignin miktarına sahip olan kestane (% 27) en yüksek kütle azalmasını gösterirken en fazla lignin içeren Karaçam (% 47) en düşük kütle azalmasını göstermiştir. Türlerin aynı ortamdaki ayrışma farklılıklarını açıklayan en önemli faktör türlerin başlangıçta içerdikleri lignin miktarı olduğunu belirlemişlerdir.

Sarıyıldız ve Küçük (2009) tarafından yapılan bir çalışmada kayın yaprakları ve ladin ibreleri orman gülünün bulunduğu ve bulunmadığı yerlerde ayrışmaya bırakılmış ve sonuçta orman gülünün bulunduğu yerde ayrışmanın daha yavaş olduğu belirlenmiştir. Bu durum orman gülünün bulunduğu yerdeki toprakları asitleştirmesi ve mikrobiyal faaliyeti azaltması ile açıklanmıştır. Çakıroğlu (2011), Bartın ili Arıt yöresindeki kayın, göknar, göknar-kayın meşcerelerindeki yapmış olduğu çalışmada, ibre ve yaprakların kütle azalması oranları kayın yapraklarında % 24,3 göknar ibrelerinde % 36,1 ve göknar- kayın karışımında % 27,6 olarak bulunmuştur. Araştırma sonuçları aynı yetişme ortamı şartlarında ibre ve yaprakların başlangıçtaki kimyasal içeriğinin (özellikle N, lignin ve lignin/N) ayrışmayı ve kütle kaybını etkileyen en önemli özellikler olduğu belirlemiştir.

Çakır (2013) Akdeniz ve Orta Avrupa iklimleri arasında geçiş kuşağında yer alan Belgrad Ormanı içerisinde Atatürk Arboretumu'nda bulunan doğal meşe, kayın ve meşe-kayın karışık meşcerelerinde toprak eklembacaklılarının ölüörtü ayrışmasına etkisini çalışmıştır. Bir yılın sonunda meşede kalan kütle miktarı % 65 ve kayında % 68 olarak bulmuştur. Ayrışma sabiti (*k*) değerleri meşede 0,47 kayında 0,42 olarak bulunmuştur. Ölü örtünün karbon miktarı ayrışma boyunca azalma göstermektedir. N değerleri ayrışmanın ilk aşamalarında azalırken sonraki aylarda göreceli olarak azalan bir artış göstermiştir. Başlangıçtaki C/N oranı içerikleri ayrışmanın ilk aşamalarında artış göstermiştir sonraki aylarda yavaşlayarak sabit kalmıştır. Ayrışma süresince lignin ve selüloz değerleri azalmıştır. Kayın yapraklarının lignin selüloz içeriği, meşe yapraklarının lignin selüloz içeriğinden fazla bulunmuştur. Sargıncı (2014) Batı Karadeniz iklim tipinde yer alan düzce kıyı bölgesinde yayılış gösteren doğu kayını ve anadolu kestanesi türlerinin iki yıl boyunca ölüörtü ayrışmasını çalışmıştır. İlk yılın sonunda kalan kütle miktarları kayında % 65 kestanede % 55'dir. Birinci yılın sonundaki değerlerine bakıldığında kestane için hesaplanan "*k*" değeri 0,47 ve kayın için ise aynı değer 0,30 olarak hesaplanmıştır.

Çakır (2017), yarı-kurak iklim özelliğine sahip Çankırı-Eldivan'da Kasım 2014 ile Eylül 2016 yılları arasında ölüörtü kese yöntemini kullanarak karaçamın ayrışmasını incelemiştir. Kalan ölüörtü kütlesini 24 ayın sonunda % 44,47, k değerini 0,48 ve

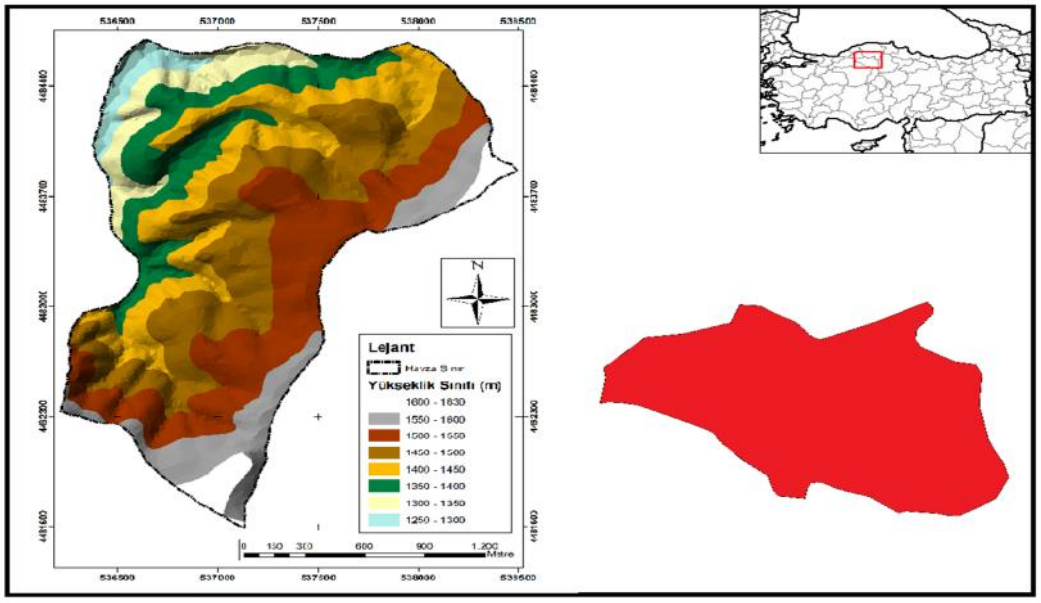
karaçam ölüörtüsünün % 95'inin kaybı için gerekli zamanı 6,25 yıl olarak hesaplamıştır. Çakır ve Tunç (2018a,b) yarı kurak iklim özelliğine ve jipsli toprağa sahip, Çankırı ili Dereçatı bölgesinde badem türünün yayılış gösterdiği step sahalarında türün ayrışma seyrini belirlemek amacıyla yapılan çalışmanın sonucunda badem yaprakları için 12 ay sonunda ortalama kalan ölüörtü kütlesi % 67, yıllık ayrışma sabitinin 0,34 olduğu bulunmuştur. Yine Çakır ve Tunç (2018b) Çankırı-dereçatı bölgesinde yapraklı tür olan meşe türünün bir yıl boyunca ayrışmasını incelemiş, ortalama kalan kütle miktarını % 67,7 ve yıllık ayrışma sabitini 0,34 olarak bulmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma Alanının Tanıtımı

Bu araştırma Çankırı İli Eldivan ilçesi Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda yapılmıştır. Çalışılan alan İç Anadolu ile Batı Karadeniz geçiş kuşağında bulunduğundan dolayı iklim açısından büyük öneme sahiphir. Konum itibariyle, 40°34'41" - 40°20'38" Kuzey enlemleri ile 33°36'00" - 33°25'10" Doğu boylamları arasındadır (Şekil 3.1). Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Çankırı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan çalışma alanı 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritada Çankırı G30-c3 ve H30-b2 paftalarında yer almaktadır. Araştırma ormanı 14.05.1998 tarihinde fakülteye tahsis edilmiştir. Toplam alanı 367 ha olup 363,5ha orman 3,5 ha açık alandan oluşmaktadır. Güneyde Çakmaklı Tepe (1640 m), kuzeyde Kelmahmut Deresi oluşturmaktadır. Alan içerisinde en yüksek rakıma sahip yer Murafa Tepe olup, en düşük yükseltiye sahip yer de Kamış Deresi ile Kelmahmut Dere'sinin birleşim noktası olan 1240 m rakımlı mevkidir (Abay ve Ursavaş 2009).



Şekil 3.1. Araştırma alanının coğrafi konumu (ArgGIS 10,3 paket programı kullanılarak G30-c3 ve H30-b2 paftalarından hazırlanmıştır)

Araştırma ormanı içerisinde karaçam plantasyon, bozuk karaçam, karaçam-sarıçam karışık ormanlık alanlar ile meşe, ardıç, çalılık ve orman içi açıklık alanlar belirlenmiştir. Alandaki önemli odunsu taksonlar; *Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana Holmboe* (Lamb.)., *P. sylvestris* L., *Populus tremula* L., *Corylus avellana* L., *Quercus infectoria* Oliv., *Juniperus communis* L. subsp. *alpina* (Sm.) türleridir ve araştırma alanında ana orman ağacı türü Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.)'dır. Yılmaz vd. (2006) tarafından bildirildiğine göre; araştırma alanı, tersiyer döneme ait oligo-miosen jipsli serilerden oluşmakta olan Eldivan ofiyoliti içerisinde yer almakta ve farklı kayalar mevcuttur. Hakim ana kaya serpantindir. İklim verileri için, çalışma alanına en yakın istasyon olan 930 m yükseltideki Eldivan meteoroloji gözlem istasyonunun rasat sonuçları esas alınmıştır. Yörede en yüksek sıcaklık 37,0 ^{o}C ile ağustos ayında, en düşük sıcaklık -17,3 ^{o}C ile şubat ayında kaydedilmiş olup, yıllık ortalama sıcaklık 10,4 °C'dir. Vejetasyon süresi içerisinde en yüksek sıcaklık ortalaması 29,4 ^{o}C, en düşük sıcaklık ortalaması 3,9 ^{o}C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı 500,9 mm, vejetasyon süresi içindeki yağış miktarı ise 274,3 mm'dir (Abay ve Ursavaş 2009).

3.2 Yöntemler

Araştırma; Arazi öncesi yapılan çalışmalar (büro çalışmaları), arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve verilerin analizi aşamalarını içermekte olup bu aşamalarda kullanılan yöntemler takip eden alt başlıklar altında verilmiştir.

3.2.1 Örnek Alanların Seçimi ve Tanıtımı

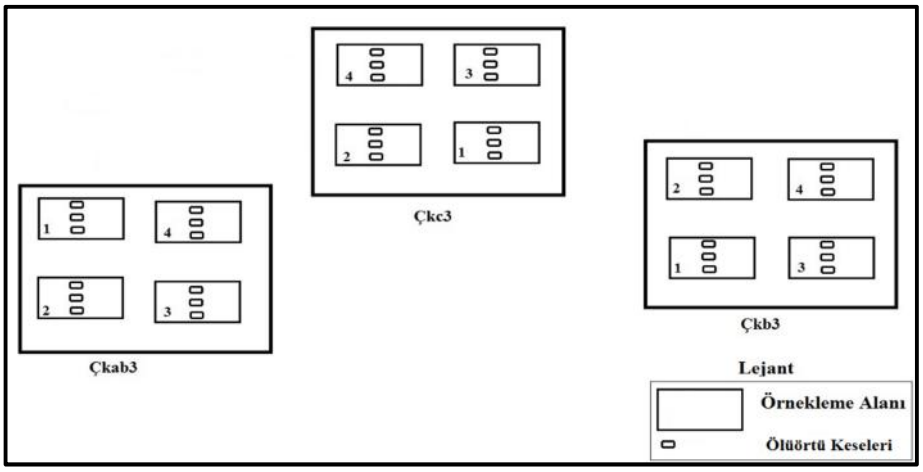
Araştırma ormanında ön arazi çalışması yapılmış ve meşcere çağları dikkate alınarak alanda ab (gençlik ve sıklık çağı), b (sırıklık ve direklik) c (ince ağaçlık) çağlarında ve aynı kapalılığa sahip üç adet karaçam meşcereleri belirlenmiştir (Şekil 3.2). Örnek alanlar arazi eğiminin veya yeryüzü şeklinin aşırı değişim gösterdiği yerlerden kaçınılarak seçilmiştir. Her meşcere için örnekleme alanlarının arasında bir ağaç boyu (11 m) olacak şekilde tampon zon bırakılarak dört adet alt örnekleme alanı belirlenmiştir. Ayrıca inceleme kapsamında seçilen meşcerelerin kapalılık derecelerininde aynı olmasına dikkat edilmiştir. Bu şekilde üç adet meşcere de toplamda

(3×4=12) 12 adet örnekleme alanları belirlenerek deneme deseni oluşturulmuştur (Şekil 3.3).

Büyüklükleri 900 m^2 olan her bir örnek alandaki bütün ağaçların yaş, çap ve boy ölçümleri yapılmıştır. Ağacın çapı $d_{1,30}$ m yükseklikten göğüs seviyesine gelinen yerden çapölçer (kumpas) ile ölçülmüştür. Yaşının bulunmasında artım burgusundan faydalanılmıştır. Artım burgusu $d_{1,30}$ m yükseklikten ağacın gövdesine saplanarak artım kalemi alınıp, halkalar sayılarak belirlenmiştir. Boy ölçümü Blume-Leiss boy ölçeri ile ölçülmüştür.



Şekil 3.2 Araştırma ormanında seçilen a) Çkb, b) Çkc ve c) Çkab meşcerelerinin genel görünüşü, Çk: Karaçam, ab: gençlik ve sıklık çağı, b: sırıklık ve direklik c: ince ağaçlık (Orijinal 2018)



Şekil 3.3 Araştırma alanından seçilen üç meşcereye ait deneme deseni

3.2.2 İbrelerin Toplanması ve Keselerin Hazırlanması

Örnek alanlar belirlendikten sonra 12 adet örnekleme alanına 108 adet ölüörtü kapanları kurularak, birikimden sonra 2016 yılının ağustos ayında kapanlardaki ibreler naylon poşetlere konulmuştur (Şekil 3.4). Her bir gelişim çağındaki kapanlardan alınan ibreler ayrı ayrı poşetlerde toplanmıştır. Buradaki amaç, her bir gelişim çağından elde edilen ibrelerin kendi alanına konularak ayrışma sürecinin belirlenmesidir. Toplanan ibreler laboratuvara getirilip poşetlerin ağzı açılarak hava kurusu haline getirilmiştir.



Şekil 3.4 Ölüörtü kapanları (Orijinal 2017)

Kapanlardan toplanan ibrelerin bir kısmı daha sonra kimyasal analizlerin yapımı için ayrılmıştır. Geriye kalan ibreler yaklaşık 4-5 g tartılarak, örnek numarasının ve ilk ağırlığının yazılı olduğu alüminyum etiketler ile birlikte keseler içerisine konulmuştur ve keseler mühürleyici ile yapıştırılmıştır (Şekil 3.5). Hazırlanan keseler her bir örnekleme alanının ortasına orman tabanı üzerindeki ölüörtü kısmı hafif kaldırılarak yerleştirilmiştir ve üzeri ölüörtü ile örtülmüştür. Bir yıl boyunca izlenecek olan ölüörtü keseleri iki ayda bir toplamda 36 adet toplanmıştır, böylelikle 6×36=216 adet ölüörtü kesesi Kasım 2016 da alanlara yerleştirilmiştir. Yerleştirilen keseler iki aylık periyotlarla ay ortasında, her örnekleme alanından 3'er adet olmak üzere alınmıştır**.**



Şekil 3.5 İçlerine Karaçam ibreleri ve alüminyum etiket konan ölüörtü keseleri (Orijinal 2016)

3.2.3 Araziden Alınan Keselerde Yapılan İşlemler

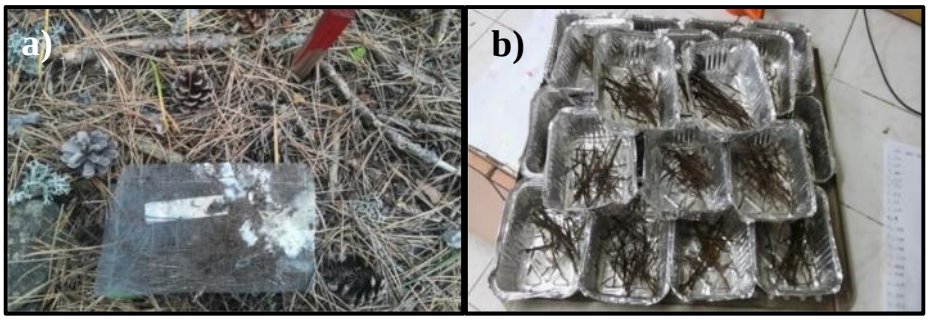
Örnekleme alanlarından toplanan ölüörtü keseleri (Şekil 3.6a) laboratuvara getirilerek, işlem yapılana kadar ayrışma sürecini durdurmak için derin dondurucuya konulmuştur. Analiz aşamasında ise derin dondurucudan çıkartılan kese örneklerine aşağıda belirtilen işlemler uygulanmıştır.

1. Keselerin dışı toprak ve diğer kalıntılar gidecek şekilde fırça yardımı ile temizlenmiştir.

2. Keseler dikkatli bir biçimde açılarak, içlerinde örnek numaralarının yazılı olduğu alüminyum etiketler üzerindeki bilgiler (alınma tarihi, örnek numarası ve başlangıç kütlesi) kaydedilmiştir.

3. Keselerin içerisindeki bütün ölüörtü parçaları beyaz bir kağıdın üzerine dökülerek temizlenmiştir, ancak ölüörtü içerisine toprak karışmış ise ibreler saf su ile dikkatlice yıkanarak yabancı maddelerden arındırılmıştır. Temizlenen ibreler darası alınmış ve 65 C° ısıya dayanıklı alüminyum kaplara konularak sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur (Şekil 3.6b).

4. Kurutma işlemi sonrasında fırın kuru ağırlıkları kaydedilerek, ölüörtü örnekleri kilitli naylon poşetlere transfer edilmiştir.



Şekil 3.6 Araziden alınan kese örneği (Kesenin üzerindeki beyaz lekeler mantar misellerini temsil etmektedir) ve temizlendikten sonra alüminyum kaplara alnınan ibre örnekleri (Orijinal 2018)

3.2.4 Fiziksel Analizler

Labaratuvar işlemlerinden sonra kalan ibrelerin kütle kaybının belirlenmesinde Eşitlik 1 ve 2 de yer alan formüller kullanılmıştır.

$$Kalan\,Kütle = \frac{M_0 - M_t}{M_0} x100 \qquad (1)$$

Formülde yer alan, M_0: Başlangıçtaki kuru kütleyi, M_t ise son kuru kütleyi ifade etmektedir. Ayrıca Olson (1963)'a göre Eşitlik 2 de yer alan formül kullanılarak ayrışma sabiti (*k*) de belirlenmiştir.

$$M_t = M_0 e^{-kt} \quad (2)$$

Eşitlik 2 de yer alan M_0: ilk baştaki ölüörtü kütlesini, M_t: t zamandaki ölüörtü kütlesini, *k ise* ayrışma sabitini ifade etmektedir. Ayrışma sabiti (*k*), başlangıç kütlesi bilinen organik maddenin (*t*) zaman sonra kalan kütlesinin logaritması ile bulmuştur. Ayrıca 3/k oranı ile ölüörtünün % 95'lik kısmının kaç yılda ayrışacağı belirlenmiştir (Olson, 1963).

3.2.5 Kimyasal Analizler

Kurutulan ölüörtü örnekleri öğütme makinası yardımı ile un haline gelecek şekilde öğütülmüş ve daha sonra karbon (C), azot (N), lignin, ADF (asit deterjan fiber) ve selüloz içeriklerinin belirlenmesi için analizler yapılmıştır. Karbon ve azot analizleri, 0,1 g örnek kalay folyo içerisine konularak CN analiz cihazında (Leco Truspec 2000) kuru yakma metoduna göre belirlenmiştir. Lignin ve selülozun belirlenmesinde ADF yöntemi kullanılmıştır ve bu yöntemle yaklaşık olarak 0,5-1 g öğütülmüş yaprak örneği 250 ml'lik erlenmayere tartılır 100 ml CTAB (cetyltrimethylammonium bromide) çözeltisi eklenir ve 1 saat yavaşça kaynatılır. Süzme setine yerleştirilmiş olan gooch krozelerin (No. 2) içerisinde kaynatılmış çözelti yavaş yavaş eklenir ve kaynatılmış saf su ile yıkanır. Yıkanan örnekler 105°C ye ayarlanmış etüvde 2 saat bekletilir ve tartılır. Başlangıç ve son kütlenin oranı ile ADF belirlenir. ADF belirlendikten sonra asitte bekletme işlemine geçilir. Her bir kroze içi % 72'lik sülfürik asit içeren 100 ml beherlere konularak asitin krozelerin içine dolması ve yanma işlemi için 3 saat beklenir. Daha sonra krozeler çıkartılarak kaynar saf su ile asit tamamen giderilene kadar yıkanır. İki saat 105 °C etüvde kurutulur ve tartılır. Başlangıç ve son kütlenin oranı ile alfa selüloz belirlenir. Son olarak krozeler 550 °C kül fırınına konularak 3 saat bekletilir ve tartılır. Başlangıç ve son kütlenin oranı ile lignin miktarı belirlenir (Rowland ve Roberts 1994).

3.2.6 İstatistiksel analizler

Farklı meşcere tiplerindeki ölüörtü ayrışma oranları ile kimyasal değişkenleri bir yılın sonunda, tekrarlayan ölçümlerde varyans analizi (Repeated Measures ANOVA) yöntemi ile % 95 güven düzeyinde karşılaştırılmıştır. Aylık olarak değerlendirme yapılırken varyans analizi ile meşcerelerde ayrışma oranları arasında bir farklılık olup olmadığı belirlenmiştir. Homojen alt grupların belirlenmesinde post-hoc (karşılaştırma) analizleri yapılmıştır. İstatistiki analizlerde SPSS programından yararlanılmıştır (SPSS 2003).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Meşcerede yapılan ölçümler

Çalışma alanında örnekleme alanları ve meşcere tipi belirlendikten sonra Çkab alanında 200, Çkb'de 287, Çkc'de 123 ağaçta ölçümler yapılmıştır ve hektardaki ağaç sayıları hesaplanmıştır. Araştırma alanındaki meşcerelerde yapılan ölçümler gelişim çağı sınıfına uygunluk göstermiştir (Çizelge 4.1).

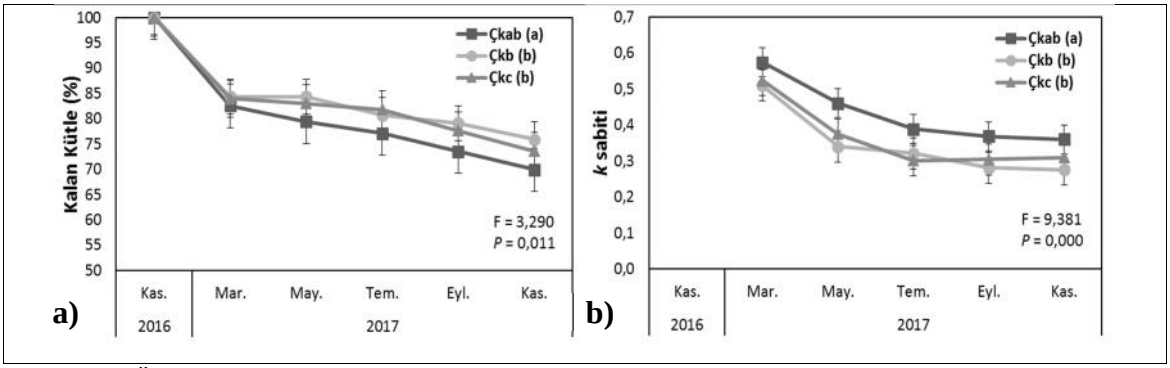
Çizelge 4.1 Üç farklı gelişim çağında yapılan yaş, boy ve çap ölçümleri

	Yaş (yıl)	**Boy (m)**	**Çap (cm)**	**Ağaç sayısı (ha)**
Çkab	24,12±0,22	14,12±0,45	15,88±1,14	561,11±85,42
Çkb	85,92±5,24	13,14±0,48	19,65±1,11	797,22±24,20
Çkc	111,25±0,70	18,64±0,48	33,30±1,60	341,66±31,01

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir.

4.2. Ayrışmaya İlişkin Bulgular

Farklı gelişim çağlarındaki Karaçam meşcerelerinde; ölüörtü ayrışmasının değişiminin belirlenmesine ilişkin yapılan varyans analizi sonucunda meşcere grupları arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Kalan kütle miktarı yıl boyunca üç alanda da zamansal olarak azalış göstermiştir ve bir yılın sonucunda her meşcere arasında istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir (P=0,011). Ayrışma sabiti (k), kalan kütle değerine paralel olarak giderek azalma göstermiştir ve alanlar arasında farklılık bulunmuştur (P=0,000) (Şekil 4.1b).



Şekil 4.1 Örnekleme alanlarındaki ölüörtü keselerinden elde edilen kalan kütle, kütle kaybı ve *k* sabiti grafikleri. Not: Önem seviyesini gösteren *P* değeri tekrarlı ölçümlerde varyans analizi yapılarak elde edilmiştir. Çkab, Çkb ve Çkc farklı gelişim çağlarını ve parantez içerisindeki harfler Tukey testi sonucu farklılığı göstermektedir.

Her bir örnek alanda çalışma süreci boyunca aylara göre farklılıklar tespit edilmiştir (P<0,05). Çalışma süresince en hızlı ayrışmanın Çkab alanında, onu takiben Çkc ve Çkb alanlarında olduğu belirlenmiştir. Karaçam meşcerelerinde bir yılın sonunda kalan kütle miktarları Çkab alanında % 69, Çkb alanında % 75 ve Çkc alanında % 73 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Çakır (2017)'ın Eldivan'da yaptığı çalışmada karaçam türü için 12 ayın sonunda kalan ölüörtü kütlesini % 58 ikinci yılın sonunda ise % 44,47 olarak bulmuştur. Sarıyıldız vd. (2008) Ankara'da yaptıkları çalışmada karaçam türü için bir yılın sonunda kalan kütle miktarını % 75 olarak bulmuşlardır. Çakır ve Tunç (2018a,b) yarı kurak iklim özelliğine sahip, Çankırı ili Dereçatı bölgesinde iki farklı türde yaptığı çalışmada 12 ayın sonunda badem yapraklarının kalan kütlesini % 67, meşe yapraklarının kalan kütlesini % 68 olarak bulmuşlardır. Çakıroğlu (2011), Bartın ili Arıt yöresinde kayın, göknar, göknar-kayın meşcerelerinde yapmış olduğu çalışmada, kayın yapraklarında kalan kütle % 75, göknar ibrelerinde % 64 ve göknar- kayın karışımında % 73 olarak bulmuştur. Çakır (2013) Akdeniz ve Orta Avrupa iklimleri arasında geçiş kuşağında yer alan Belgrad Ormanı içerisinde yaptığı çalışmada, meşede kalan kütle miktarını % 65 kayında % 68 olarak bulmuştur. Sargıncı (2014) Batı Karadeniz iklim tipinde yer alan düzce kıyı bölgesinde yayılış gösteren doğu kayını ve Anadolu kestanesi türlerinin iki yıl boyunca ölüörtü ayrışmasını çalışmıştır. İki yılın sonunda kalan kütle miktarları kayında % 58 kestanede % 42'dir. Avusturya'nın Kuzeydeki Hochschwab Alplerinde kayın ve karaçam türlerinde yapılan çalışmada iki yıllık ayrışmanın sonucunda, ortalama kalan kütle kayın da %54, karaçam da %50 olarak bulunmuştur (Berger vd. 2005). Ayrışma sürecinde ölüörtü ilk yıl kütlesinin %

30-70'ini daha sonraki 5-10 yıl içerisinde ise % 20-30'unu kaybettiği bilinmektedir (Berg ve McClaugherty 2007).

Çizelge 4.2 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre kalan kütle miktarı (%) (ort ± std hata)

	Mar. 2017	**May. 2017**	**Tem. 2017**	**Eyl. 2017**	**Kas. 2017**
Çkab	82,58±0,21a	79,43±0,43a	77,14±0,35a	73,52±0,46a	69,90±1,42a
Çkb	84,38±0,36b	84,35±0,26b	80,73±0,51b	79,13±0,52b	75,92±0,81b
Çkc	83,99±0,36b	83,00±1,20b	81,83±0,64b	77,66±0,82b	73,57±1,60ab
F	8,420	11,271	22,331	21,581	5,232
P	0,001	0,000	0,000	0,000	0,011

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir. *P*: önem seviyesi, aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler istatistiksel olarak önemli değildir.

Her bir örnek alanda *k* sabiti için çalışma süreci boyunca her ay farklılıklar tespit edilmiştir (*P*<0,000). Bir yılın sonunda en yüksek k değeri Çkab alanında daha sonra Çkc ve Çkb alanında bulunmuştur (Çizelge 4.3). Bir yılın sonunda bulunan *k* değerleri sonucunda, kalan ibrelerin ayrışması için gereken süre (3/*k*), Çkab alanında yaklaşık (3/0,36) 8 yıl Çkb alanında (3/0,27) 11 yıl Çkc alanında (3/0,30) 10 yıldır. En hızlı ayrışma Çkab alanında en yavaş ayrışma ise Çkb alanında olduğu görülmektedir. Çalışma alanında incelenen meşçere çağları değerlendirildiğinde; en düşük "*k*" değeri birinci yılın sonunda Çkb alanında 0,27 Çkc alanında 0,30 ve Çkab alanında 0,36 olarak hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda ayrışma oranının sabit kalmadığı, başlangıçta hızlı olan ayrışma evresini yavaş bir evrenin takip ettiği belirlenmiştir. Çakır (2017), aynı bölgede karaçam türünde yapmış olduğu çalışmada birinci yılın sonunda ayrışma sabitini 0,53 ve % 95'inin ayrışması için gerekli sürenin 5,7 yıl olduğunu, ikinci yılın sonunda ayrışma sabitini 0,48 ve 95'inin ayrışması için gerekli sürenin 6,25 yıl olduğunu belirtmiştir. Sarıyıldız vd. (2008) kurak iklim özelliğine sahip Ankara ilinde yapmış olduğu çalışmada karaçam ibrelerinin ayrışma sabitini 0,30 ve % 95'inin ayrışması için gerekli süreyi 10 yıl olarak bulmuştur. Çakır ve Tunç (2018) Çankırı ili Merkez ilçesinde yapmış olduğu çalışmada yapraklı bir tür olan badem türünün yıllık ayrışma sabitini 0,34 ve % 95'inin ayrışması için gerekli süreyi 8,8 yıl olarak bulmuştur. Çakır ve Tunç (2018) başka bir yapraklı tür olan meşe türünün yıllık ayrışma

sabitini 0,34 ve % 95'inin ayrışması için gereken süreyi 8,8 yıl olarak bulmuştur. Çakır (2013) Akdeniz ve orta Avrupa iklimleri arasında geçiş kuşağında yer alan Belgrad Ormanı içerisinde yaptığı çalışmada meşede ayrışma sabitini 0,47 ve % 95'inin ayrışması için gereken süreyi yaklaşık 6 yıl kayında ayrışma sabitini 0,42 ve % 95'inin ayrışması için gereken süreyi yaklaşık 7 yıl olarak bulmuştur. Sargıncı (2014) Batı Karadeniz iklim tipinde yer alan Düzce kıyı bölgesinde yayılış gösteren doğu kayınının ayrışma sabitini 0,30 kestanede 0,47 ve %95'inin ayrışması için gereken süreyi kayında 10, kestanede yaklaşık 6 yıl olarak bulmuştur. Albers vd. (2003) tarafından Kuzey Almanya da yapılan bir çalışmada ladin ibrelerinin kayın yapraklarından daha hızlı ayrıştığını belirtmişlerdir. Ladinin ayrışma sabitini 0,25 kayının ise 0,18 olarak bulmuşlardır. Ladin ve kayının k sabitlerinden yola çıkarak % 95'inin ayrışması için gereken sürenin ladin türünde 12 yıl kayın türünde 16 yıl olduğu belirlenmiştir. Bitkisel ayrışma oranının (*k*) 0,25 ile 4 arasında değişen bir değer aldığı bilinmektedir. Bu durum 0,25 ve bu değere yakın olduğunda ayrışma hızının düşük, 4 ve 4'e yaklaştığında ise ayrışmanın hızlı olduğunu göstermektedir (Olson 1963). Yukarıdaki çalışmalar değerlendirildiğinde yarı kurak bölgelerde ayrışma sabitinin düşük, sıcak ve nemli bölgelerde ise yüksek olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu durum ayrışma hızının iklim özelliklerinden önemli derecede etkilendiğini göstermektedir.

Çizelge 4.3 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre kalan ayrışma sabiti **(***k*) değerleri (ort ± std hata)

	Mar. 2017	**May. 2017**	**Tem. 2017**	**Eyl. 2017**	**Kas. 2017**
Çkab	0,57±0,01a	0,46±0,01a	0,38±0,01a	0,36±0,01a	0,36±0,02a
Çkb	0,51±0,01b	0,34±0,01b	0,32±0,01b	0,28±0,01b	0,27±0,01b
Çkc	0,52±0,01b	0,37±0,02b	0,30±0,01b	0,30±0,01b	0,30±0,02ab
F	8,557	11,621	22,396	21,146	5,363
P	0,001	0,000	0,000	0,000	0,010

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir. *P*: önem seviyesi, aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler istatistiksel olarak önemli değildir.

4.3. Ölüörtünün Kimyasal Bileşenleri

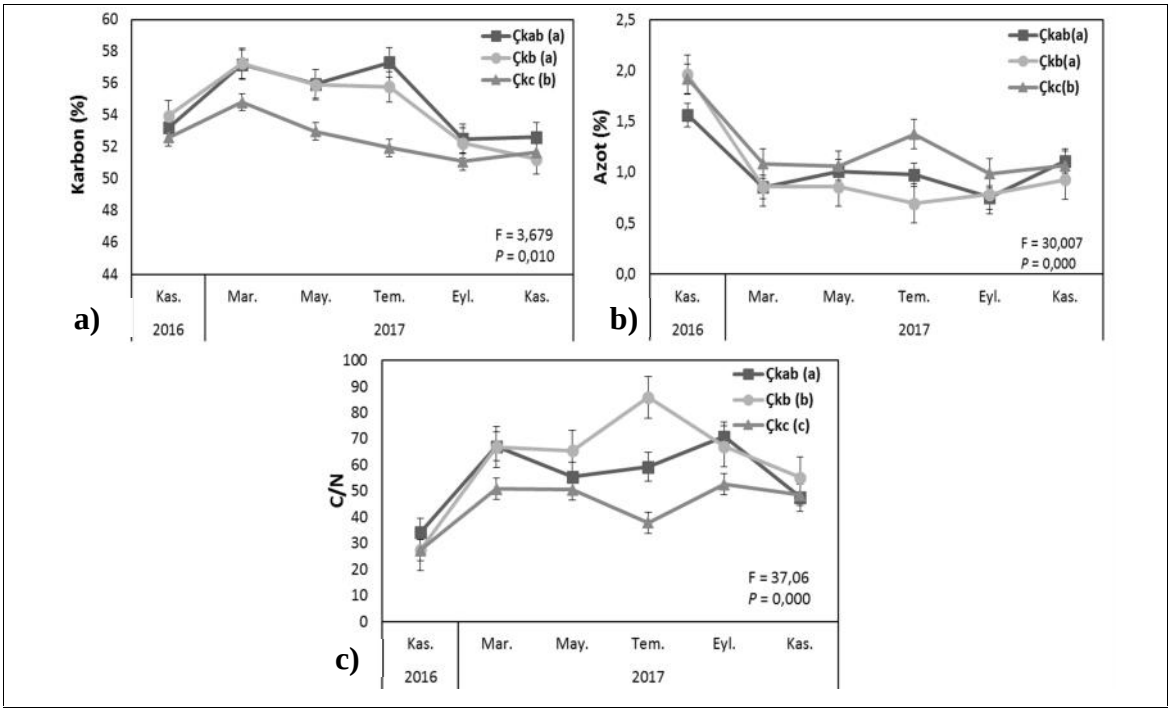
Başlangıçtaki ölüörtüden alınan örneklerde yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4,4 de verilmiştir. N, C/N, lignin/N ve ADF değerleri Çkb ve Çkc arasında farklılık göstermezken Çkab iki alandan farklılık göstermiştir (P=0,000). Lignin ve selüloz içerikleri her bir gelişim çağında farklı bulunmuştur (P=0,000). Başlangıçtaki kimyasal içeriklerin oranları ayrışma hızı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Ayrışma olayları gerçekleşirken ayrışma hızı ve kalan kütle miktarı, ağaç türlerinin içerdiği başlangıçtaki kimyasal içeriklerle yakından ilişkilidir. Karaçam ibrelerinin başlangıçtaki kimyasal içerikleri meşcereler arasında önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek C değeri Çkb alanında 53,94 iken, en düşük Çkc alanında 52,58 olarak bulunmuştur. En yüksek N değeri Çkb alanında 1,96 iken, en düşük Çkab alanında 1,56 olarak bulunmuştur. Bu durum örnekleme alanlarında C/N oranının da değişmesine neden olmuştur. En yüksek C/N oranı Çkab alanında 34,16 olarak bulunurken, Çkb ve Çkc alanında ortalama 27 olarak bulunmuştur. En yüksek lignin değeri Çkab alanında 27,73 ve en düşük Çkc alanında 25,60 olarak bulunmuştur. Selüloz en yüksek Çkab alanında 28,25 en düşük Çkb alanında 25,39 olarak bulunmuştur. ADF değeri Çkab alanında 56,25 bulunurken Çkb ve Çkc alanında ortalama 52 olarak bulunmuştur. Lignin/N değeri Çkab alanında 17,81 Çkb ve Çkc alanlarında 13 olarak bulunmuştur. Sarıyıldız vd. (2008) tarafından Ankara bölgesinde karaçamda yapmış olduğu çalışmada başlangıçta C değerini 52,3 N değerini 0,54 C/N oranını 97 lignin değeri 35,2 lignin/N değeri 65 olarak bulmuşlardır. Zhang vd. (2008) k değerini etkileyen en önemli değişkenlerin ölüörtü kalitesi (besin elementleri, C/N, lignin oranı) ve iklim (yağış) olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde benzer iklim özelliklerine sahip alanlardan elde edilen kimyasal içerikler farklı bulunmuştur. Farklı çevre şartları altında ayrışan ölü örtünün, ayrışma oranları arasındaki farklılıklar üzerinde iklim özellikleri tek başına belirleyici bir faktör olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.4 Ölüörtünün başlangıçtaki kimyasal değerleri (ort ± std hata)

	C (%)	**N** (%)	**C/N**	**Lignin** (%)	**Lignin/N**	**Selüloz** (%)	**ADF** (%)
Çkab	53,21±0,42ab	1,56±0,40a	34,16±0,86a	27,73±0,18a	17,81±0,47a	28,25±0,27a	56,25±0,25a
Çkb	53,94±0,28b	1,96±0,12b	27,49±0,27b	26,73±0,22b	13,62±0,14b	25,39±0,10b	52,40±0,29b
Çkc	52,58±0,36a	1,92±0,11b	27,35±0,13b	25,60±0,28c	13,32±0,20b	26,41±0,12c	52,01±0,29b
F	3,548	73,721	53,967	20,430	66,539	60,748	68,651
P	0,047	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir. *P*: önem seviyesi, aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler istatistiksel olarak önemli değildir.

Karbon değerleri 2016 Kasım ayından 2017 Mart ayına kadar göreceli bir artış gösterirken, 2017 Mart ayından 2017 Eylül ayına kadar geçen süreçte belirgin bir azalma ve 2017 Eylül ayından örneklemenin bitiş zamanı olan 2017 Kasım ayına kadar hafif artış göstermektedir. Bir yıllık örnekleme sürecinde örnek alanlar arasında karbon değerleri farklılık göstermiştir (*P*=0,010) (Şekil 4.2a). Azot değerleri ayrışmanın ilk aşamalarında hızlıca azalıp daha sonraları dalgalanma yapmıştır ve birinci yılın sonunda Çkb alanı diğer alanlardan istatistiksel olarak farklılık göstermiştir (*P*=0,000) (Şekil 4.2b). C/N oranı her meşcerede de başlangıçtaki değere göre artmıştır ve alanlar arasında farklılık belirlenmiştir (*P*=0,000) (Şekil 4.2c).



Şekil 4.2 Örnekleme alanlarındaki ölüörtü keselerinden elde edilen karbon, azot ve C/N'un zamansal değişimi. Not: Önem seviyesini gösteren *P* değeri tekrarlı ölçümlerde varyans analizi yapılarak elde edilmiştir. Çkab, Çkb ve Çkc farklı gelişim çağlarını ve parantez içerisindeki harfler Tukey testi sonucu farklılığı göstermektedir.

Alanlara yerleştirilen keseler içerisindeki ölüörtünün karbon değerleri aylık olarak incelendiğinde Kasım 2016'dan Eylül 2017 arasında istatsitiksel olarak farklılık bulunmuştur (*P*=0,047 *P*=0,000 *P*=0,000 *P*=0,001 *P*=0,046). Bir yılın sonunda (Kasım 2017) ölüörtünün karbon içeriği bakımından fark bulunamamıştır (*P*=0,149) (Çizelge 4.5). Ölüörtü ayrışması sürecinde karbon miktarı, kütle kaybına paralel olarak azalmaktadır (Berg ve Laskowski, 2005). Çalışma alanımızda birinci yılın sonunda C değerleri arasında büyük değişiklikler bulunmamaktadır. Çkab alanında 52,62 Çkb alanında 51,23 Çkc alanında 51,66 olarak bulunmuştur. Sarıyıldız vd. (2008) yaptığı çalışmada bir yılın sonunda karaçam ibrelerinin ortalama karbon miktarını % 52 olarak bulmuştur. Berger ve ark. (2015) Avusturya'da yapmış oldukları çalışmada karaçam ibrelerinde bir yılın sonunda belirlenen karbon miktarının % 49 olduğunu belirtmiştir. Albers vd. (2003) tarafından Kuzey Almanya da yapılan bir çalışmada kayın ve ladin ibrelerinin ayrışmasına bakılmıştır. Ladin ve kayında başlangıçtaki C miktarı ayrışma boyunca % 60 azalma göstermiştir.

Çizelge 4.5 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre karbon (%) değerleri (ort ± std hata)

	Kas.2016	Mar. 2017	May. 2017	Tem. 2017	Eyl. 2017	Kas. 2017
Çkab	53,21±0,42ab	57,18±0,32a	55,95±0,16a	57,29±0,39a	52,49±0,05a	52,62±0,73a
Çkb	53,94±0,28a	57,26±0,52a	55,90±0,46a	55,78±1,12a	52,23±0,65a	51,23±0,19a
Çkc	52,58±0,36b	54,80±0,24b	52,98±0,51b	51,94±0,88b	51,07±0,20b	51,66±0,37a
F	3,550	13,275	17,344	10,308	3,575	2,089
P	0,047	0,000	0,000	0,001	0,046	0,149

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir. *P*: önem seviyesi, aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler istatistiksel olarak önemli değildir.

Bir yıllık ayrışmanın sonucunda elde edilen azot (N) değerlerinin zamansal değişimi incelendiğinde yapılan varyans analizi sonucunda gelişim çağları arasında her örnekleme zamanında istatistiksel fark belirlenmiştir (*P*=0,000 *P*=0,000 *P*=0,000 *P*=0,000 *P*=0,001 *P*=0,000). Bir yılın sonunda en düşük azot değeri Çkb alanında en yüksek azot değeri Çkab alanında bulunmuştur (Çizelge 4.6). Azot değeri yıl boyunca azalış göstermiştir. Bir yılın sonunda azot değeri Çkab alanında % 1,11 Çkb alanında % 0,92 Çkc alanında % 1,06 olarak bulunmuştur. Albers vd. (2003) tarafından Kuzey Almanya da yapılan bir çalışmada kayın ve ladin ibrelerinin ayrışmasına bakılmıştır N miktarı kayında ilk 3 ay azalma gösterirken ladin ibrelerinde ise 6 haftada azalmıştır ve ayrışmanın ilerleyen aşamalarında N değerleri artış göstermiştir.

Çizelge 4.6 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre azot (%) miktarları (ort ± std hata)

	Kas.2016	Mar. 2017	May. 2017	Tem. 2017	Eyl. 2017	Kas. 2017
Çkab	1,56±0,04a	0,85±0,01a	1,00±0,01a	0,97±,003a	0,75±0,03a	1,11±0,02a
Çkb	1,96±0,01b	0,85±0,01a	0,85±0,01b	0,69±0,06b	0,78±0,02a	0,92±0,01b
Çkc	1,92±0,01b	1,08±0,02b	1,06±0,04a	1,37±0,01c	0,98±0,05b	1,06±0,01a
F	73,343	79,813	13,856	52,618	10,730	27,890
P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir. *P*: önem seviyesi, aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler istatistiksel olarak önemli değildir.

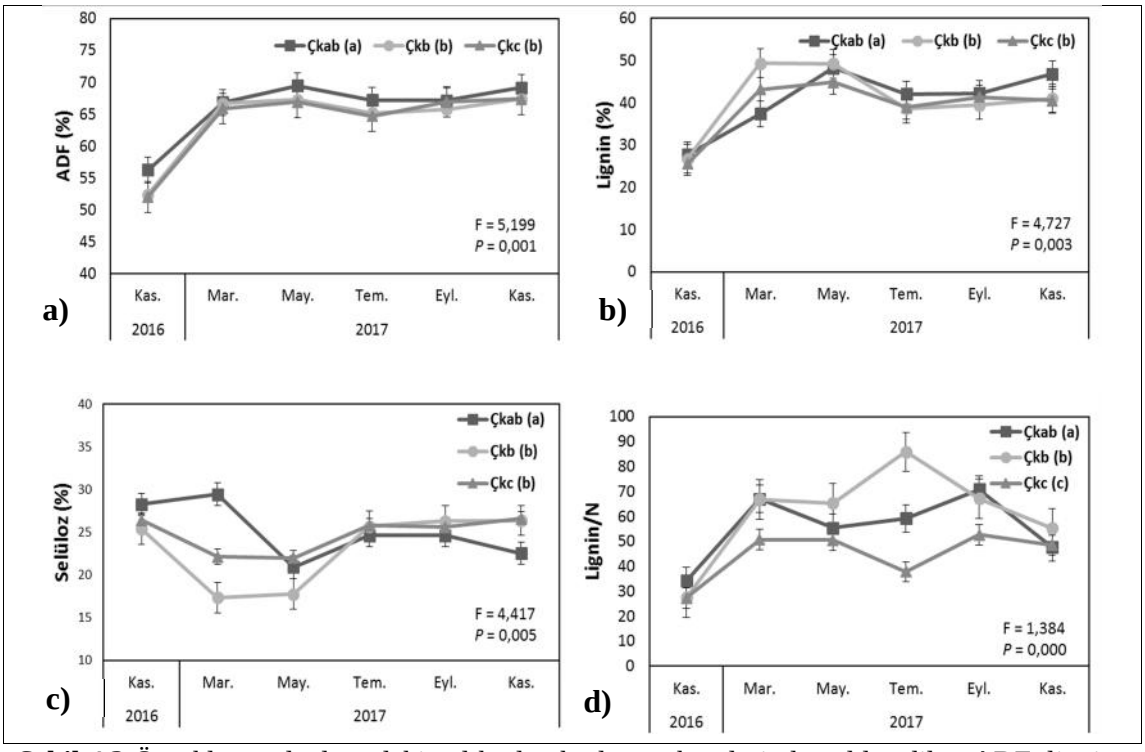
Karbon(C)/azot(N) oranının gelişim çağları arasında zamansal değişimi incelendiğinde her ayda önemli farklılıklar tespit edilmiştir (*P*=0,000). Birinci yılın sonunda en yüksek C/N oranı Çkb alanında en düşük C/N oranı Çkab alanında bulunmuştur. (Çizelge 4.7). İbrelerin başlangıçtaki C/N oranı Çkab alanında 34, Çkb ve Çkc alanında 27 olarak bulunmuştur ve birinci yılın sonunda Çkab alanında % 13, Çkb alanında % 27 ve Çkc alanında % 21'lik artış görülmüştür. C/N oranında en az artış Çkab alanında gerçekleşmiştir buda Çkab alnında ayrışmanın daha hızlı ilerleyeceğinin göstergesidir. B. Albers vd. (2003) tarafından Kuzey Almanya da yapılan bir çalışmada kayın ve ladin ibrelerinin ayrışma esnasında C/N oranları başlangıçtakine göre artış göstermiştir. Kavvadias vd. (2001) Kuzey Yunanistan da yaptıkları çalışmanın sonucunda en hızlı ayrışma kayın da daha sonra sırasıyla göknar, karaçam ve sahil çamında buna bağlı olarak en düşük C/N oranını kayın türünde tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.7 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre C/N oranları (ort ± std hata)

	Kas.2016	**Mar. 2017**	**May. 2017**	**Tem. 2017**	**Eyl. 2017**	**Kas. 2017**
Çkab	34,16±0,86a	67,04±0,72a	55,46±0,42a	59,28±2,12a	70,89±3,34a	47,61±1,81a
Çkb	27,49±0,27b	66,86±0,26a	65,40±1,28b	85,89±8,07b	67,10±2,25a	55,23±0,44b
Çkc	27,35±0,13b	50,75±1,30b	50,53±2,11a	37,86±1,10c	52,61±2,55b	48,53±0,18a
F	53,97	113,76	27,38	24,48	12,27	13,49
P	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir. *P*: önem seviyesi, aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler istatistiksel olarak önemli değildir.

Yapılan tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonucunda, örnekleme alanlarına yerleştirilen keselerin incelenmesi ve takip edilen ayrışma sürecince ADF ve lignin değeri artış göstermiştir (şekil 4.3a,b). Birinci yılın sonunda ADF (*P*=0,001), lignin (*P*=0,003) ve selüloz (*P*=0,05) içeriklerinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. ADF ve lignin değerleri artış gösterirken selüloz miktarı ayrışma boyunca göreceli olarak azalma göstermiştir. Birinci yılın sonunda ibre örneklerinde kalan selüloz miktarları Çkb ve Çkc alanlarında farklılık göstermezken Çkab alanı diğer iki alandan istatistiksel olarak farklı sonuçlar ortaya çıkarmıştır (*P*=0,005) (Şekil 4.3c). Bir yıllık ayrışmanın sonunda lignin/N oranı her alanda farklılık göstermiştir (*P*=0,000). (Şekil 4.3d).



Şekil 4.3 Örnekleme alanlarındaki aylık olarak ölüörtü keselerinden elde edilen ADF, lignin ve lelüloz ve lignin/N grafikleri Not: Önem seviyesini gösteren *P* değeri tekrarlı ölçümlerde varyans analizi yapılarak elde edilmiştir. Çkab, Çkb ve Çkc farklı gelişim çağlarını ve parantez içerisindeki harfler Tukey testi sonucu farklılığı göstermektedir.

ADF içerikleri üç gelişim çağında aylara göre incelendiğinde alanlar arasında önemli farklılıklar bulunmuştur (*P* =0,000 *P* =0,001 *P*=0,007 *P*=0,000 *P*=0,007 *P*=0,002). Örnekleme zamanlarının, büyük kısmında en yüksek ADF değeri Çkab alanında belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre ADF (%) miktarları (ort ± std hata)

	Kas.2016	**Mar. 2017**	**May. 2017**	**Tem. 2017**	**Eyl. 2017**	**Kas. 2017**
Çkab	56,25±0,25a	66,84±0,20a	69,46±0,29a	67,20±0,38a	67,11±0,31a	69,17±0,28a
Çkb	52,40±0,29b	66,66±0,16a	67,29±0,17b	65,17±0,35b	65,79±0,19b	67,36±0,28b
Çkc	52,01±0,29b	65,87±0,14b	66,90±0,88b	64,72±0,29b	66,91±0,32a	67,36±0,46b
F	68,621	9,113	6,425	14,399	6,376	8,586
P	0,000	0,001	0,007	0,000	0,007	0,002

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir. *P*: önem seviyesi, aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler istatistiksel olarak önemli değildir.

Lignin içerikleri üç gelişim çağında aylara göre incelendiğinde ayrışmanın 2017 mayıs ayında bir farklılık bulunmazken, diğer aylarda önemli farklılıklar tespit edilmiştir (*P*=0,000 *P*=0,007 *P*=0,547 *P* =0,000 *P*=0,001 *P*=0,000). Örnekleme zamanlarının büyük kısmında en yüksek lignin değeri Çkab alanında en düşük lignin değeri Çkc alanında belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Birçok çalışmada (Fogel ve Cromack, 1977; Sariyildiz ve Anderson, 2003) % 20 den daha fazla lignin konsantrasyonuna sahip ölü örtüde, lignin miktarının bakteri ve mantarların enzimatik, toprak faunasının beslenme aktivitelerini kısıtladığını, bu yüzden lignin ya da lignin/N oranının ayrışmada daha iyi bir gösterge olabileceğini bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada, Çkab alanında başlangıçtan birinci yılın sonuna kadar 24,56, Çkb alanında 30,54 ve Çkc alanında 24,79' luk bir artış gerçekleşmiştir. En düşük artış Çkab alanında gerçekleşirken bu değer kütle kaybı ile yakından ilişkilidir. Sarıyıldız vd. 2008 tarafından yapılan çalışmada karaçam ibrelerindeki başlangıçtaki lignin miktarı 35,2 iken birinci yılın sonunda lignin miktarı 52'ye çıkarak artış gözlemlemişlerdir. Ligninin artmasının en önemli nedenleri arasında, ayrıştırılması kolay olan kimyasal bileşenler (proteinler, hemiselüloz vb) ayrıştığı için geriye kalan kısım içinde ayrışması zor olan lignin miktarı kalmakta buda ligninin oransal olarak artmasına neden olmaktadır. Fazla miktarda lignin içeren ölü örtünün ayrışması ancak lignini ayrıştıran özel mikroorganizmaların (özellikle beyaz çürükçül mantarların) ortamda bulunmasıyla mümkün olabilmektedir (Cox vd. 2001, Eyüpoğlu vd. 2011). İlk aşamada ayrışma genelde oldukça hızlıdır. İkinci aşamada ise yüksek oranda lignin içeren dokular kalmakta ve ayrışma ligninin kütle kaybı dinamiğine göre şekillenmektedir.

Çizelge 4.9 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre lignin (%) miktarları (ort ± std hata)

	Kas.2016	**Mar. 2017**	**May. 2017**	**Tem. 2017**	**Eyl. 2017**	**Kas. 2017**
Çkab	27,73±0,18a	37,39±0,33a	48,29±2,90a	42,06±0,50a	42,25±0,29a	46,88±0,44a
Çkb	26,73±0,22b	49,33±2,77b	49,25±2,77a	38,68±0,24b	39,48±0,51b	40,98±0,61b
Çkc	25,60±0,28c	43,18±3,03ab	44,89±3,03a	38,93±0,28b	41,33±0,53a	40,53±0,44b
F	20,436	6,305	0,622	26,935	9,328	48,191
P	0,000	0,007	0,547	0,000	0,001	0,000

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir. *P*: önem seviyesi, aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler istatistiksel olarak önemli değildir.

Selüloz içerikleri üç gelişim çağında aylara göre incelendiğinde 2017 mayıs ayında bir farklılık bulunmazken, diğer aylarda önemli farklılıklar tespit edilmiştir (*P*=0,000 *P*=0,005 *P*=0,534 *P*=0,000 *P*=0,031 *P*=0,000). Ayrışmanın ilk altı ayında en yüksek selüloz değerleri Çkab alanında bulunurken bu değer ayrışmanın son altı ayında düşüş göstermiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre selüloz (%) miktarları (ort ± std hata)

	Kas.2016	**Mar. 2017**	**May. 2017**	**Tem. 2017**	**Eyl. 2017**	**Kas. 2017**
Çkab	28,25±0,27a	29,45±0,26a	20,91±3,01a	24,61±0,24a	24,60±0,26a	22,54±0,39a
Çkb	25,39±0,10b	17,32±2,69b	17,76±2,93a	25,71±0,14b	26,31±0,43b	26,38±0,37b
Çkc	26,41±0,12c	22,14±3,02ab	22,01±2,19a	25,78±0,06b	25,58±0,53ab	26,57±0,27b
F	60,757	6,772	0,647	15,330	4,104	42,067
P	0,000	0,005	0,534	0,000	0,031	0,000

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir. *P*: önem seviyesi, aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler istatistiksel olarak önemli değildir.

Lignin/N içerikleri üç gelişim çağında aylara göre incelendiğinde zamansal olarak bütün aylarda önemli farklılıklar tespit edilmiştir (*P*=0,000 *P* =0,000 *P*=0,034 *P* =0,000 *P* =0,001 *P* =0,001). Bir yılın sonunda en yüksek lignin/N değeri Çkb alnında en düşük Çkc alnında belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.11 Farklı gelişim çağlarındaki karaçam ibrelerinin aylara göre lignin/N oranı (ort ± std hata)

	Kas.2016	**Mar. 2017**	**May. 2017**	**Tem. 2017**	**Eyl. 2017**	**Kas. 2017**
Çkab	17,81±0,86a	43,82±3,38a	47,85±3,22ab	43,46±4,48a	57,10±2,79a	42,37±1,10a
Çkb	13,62±0,18b	57,54±4,36b	57,24±4,54b	58,89±6,63b	50,85±2,56a	44,16±1,36a
Çkc	13,32±0,20b	39,78±2,50a	43,67±4,69c	28,35±0,45c	42,45±1,76b	38,11±0,86b
F	66,53	16,51	3,97	29,92	10,14	9,82
P	0,000	0,000	0,034	0,000	0,001	0,001

Çk: karaçam meşceresi, ab: göğüs çapları 7,9-19,9 cm, b: göğüs çapları 8-19,9 cm, c: göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değişen orman parçasını ifade etmektedir. *P*: önem seviyesi, aynı sütunda aynı harfi taşıyan değerler istatistiksel olarak önemli değildir.

5. SONUÇ

Sonuç olarak tez çalışmasından elde edilen veriler değerlendirildiğinde;

- En hızlı ayrışma ve en fazla kütle kaybı Çkab alanında daha sonra sırasıyla Çkc ve Çkb alanında tespit edilmiştir. Ayrışma sabiti (*k*) değerleri Çkab alanında en yüksek bulunurken en düşük Çkb alanında bulunmuştur.

- C ve N değerleri gelişim çağlarına bağlı olarak değişmekte olup, bir yıllık süre sonunda C ve N miktarı başlangıçtakine göre azalmaktadır. Çkb alanında C/N oranı diğer alanlara göre fazla çıkmıştır. Buda en yavaş ayrışmanın bu alanda olacağının göstergesidir.

- Meşcere yaşı azaldıkça ayrışmanın ilerleyen aşamalarında ibrelerin içerdiği selüloz miktarı azalış göstermiştir. Bu çalışmada selüloz miktarı ayrışmanın ilk altı ayında hızla azalış göstermiştir. Buna bağlı olarak ayrışmanın ilerleyen safhalarında biriken lignin miktarı oransal olarak artış göstermiştir.

- Başlangıçtaki kimyasal içerikler incelendiğinde C/N ve lignin/N oranlarının yüksek çıktığı buna bağlı olarak ayrışmanın ilerleyen aşamalarında en hızlı Çkb alanında en yavaş ise Çkab alanında olacağına işaretti. Ancak başlangıçtan örnekleme zamanının bitimine kadar geçen süre bütünsel olarak ele alındığında C/N ve lignin/N oranlarının ayrışmanın sonuna kadar Çkab alanında en düşük, Çkb alanında ise en yüksek artışı sağladığı hesaplanmıştır. En düşük artışın Çkab alanında olması bu alanda ilerleyen aşamalarda ayrışmanın daha hızlı ilerleyeceğini göstermektedir.

Tüm bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; ayrışma süreçlerinde etkili olan parametlerinden iklim, ölüörtü kalitesi, ayrışmanın gerçekleştiği ortamda bulunan toprak altı ve toprak üstü canlıların ayrışmaya olan etkileri daha ayrıntılı ve uzun süreli olarak

araştırılmalıdır. Ölü örtünün mikro iklimini ve doğasını etkileyen ormancılık faaliyetleri ayrışma hızını değiştirebilir. Ormancılık faaliyetleri yürütülürken bu hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmada her meşcere kendi içerisinden toplanan ibreler ile örneklenmiştir. Farklı gelişim çağlarındaki ibrelerin kimyasal yoğunluklarında farklılık meydana gelmektedir (Çizelge 4,4). Bu çalışmadan farklı olarak, aynı kimyasal yoğunluğa sahip ibrelerin farklı gelişim çağlarındaki meşcereler altına konularak, gelişim çağının ayrışma üzerindeki etkisinin belirlenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Abay, G. ve Ursavaş, S. 2009. Çankırı ili araştırma ormanı karayosunu (Musci) flora ve ekolojisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 16, 61-70.

Aerts, R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship, Oikos, 439-449.

Akkemik, Ü. 2014. Türkiye'nin doğal-egzotik ağaç ve çalıları I, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 728 sayfa, Ankara.

Albers, D., Migge, S., Schafer, M. and Scheu, S. 2003. Decomposition of beech leaves (*Fagus sylvatica*) and spruce needles (*Picea abies*) in pure and mixed stands of beech and spruce. Soil Biology and Biochemistry 36, 155–164.

Arol, N. 1959. Bolu ve civarında bazı göknar, kayın, çam saf ve karışık meşcerelerinde ölü örtü miktarı ile besin maddesi muhtevası üzerine araştırmalar. Vekaleti Orman Umum Müdürlüğü Yayınları Seri: 3. Basımevi., Istanbul.

Austin, A.T. and Vivanco, L. 2006. Plant litter decomposition in a semi-arid ecosystem controlled by photodegradation, Nature, 442, 555-558.

Ball, B.A., Carrillo, Y. and Molina, M. 2014. The influence of litter composition across the litter–soil interface on mass loss, nitrogen dynamics and the decomposer community, Soil Biology and Biochemistry, 69, 71-82.

Berg, B. and Laskowski, R., 2005. Litter decomposition: a guide to carbon and nutrient turnover, Academic Press New York.

Berg, B. and Staaf, H. 1980. Decomposition rate and chemical changes of *Scots pine* needle litter. I. Influence of stand age, Ecological Bulletins, 32; 363-372.

Berg, B., and McClaugherty, C. 2007. Plant litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration, Springer.

Berger, TW., Duboc, O., Cukiç, I., Tatzber, M., Gerzabek, MH. and Zehetner, F. 2015. Decomposition of beech (*Fagus sylvatica*) and pine (*Pinus nigra*) litter along an Alpine elevation gradient: Decay and nutrient release, Geoderma 251–252:92–104.

Bocock, K. 1964. Changes in the amounts of dry matter, nitrogen, carbon and energy in decomposing woodland leaf litter in relation to the activities of the soil fauna, The Journal of Ecology, 273-284.

Bocock, K. and Gilbert, O. 1957. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. Plant and Soil, 9, 179-185.

Butenschoen, O., Krashevska, V., Maraun, M., Marian, F., Sandmann, D. and Scheu, S. 2014. Litter mixture effects on decomposition in tropical montane rainforests vary strongly with time and turn negative at later stages of decay, Soil Biology and Biochemistry, 77, 121-128.

Çakır, M. 2013. Toprak Eklembacaklılarının, Kayın ve Meşe ekosistemindeki mevsimsel değişimi ve ölü örtü ayrışmasına etkileri. Institute of Science and Technology, PhD thesis, Istanbul University, Science Institute (in Turkish, with English summary). İstanbul.

Çakır, M. 2017. Litter Decomposition of Pinus nigra in semi-arid region, Ecology 2017, 11-13 Mayıs, Kayseri, Turkey.

Çakır, M. and Akburak, S. 2017. Litterfall and nutrients return to soil in pure and mixed stands of oak and beech, Journal of The Faculty of Forestry Istanbul University, 67; 185-200.

Çakır, M. and Tunç. T. 2018a. Almond (*Amygdalus orientalis*) Leaf Litter decomposition on gypsum soil, International congrees on engineering and life science, 26-29 April 2018, Kastamonu.

Çakır, M. and Tunç. T. 2018b. Litter decomposition of *Quercus pubescens* in semi-arid region', International congrees on engineering and life science, 26-29 April 2018, Kastamonu.

Çakıroğlu, K. 2011. Bartin Ili Arit yöresindeki kayin, göknar, göknar-kayin meşcerelerindeki ölü örtü ayrışması ve yıllık yaprak dökülmesinin araştırılması, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bartın.

Chadwick, D.R., Ineson, P., Woods, C. and Piearce, T.G. 1998. Decomposition of *Pinus sylvestris* litter in litter bags: influence of underlying native litter layer, Soil Biology and Biochemistry, 30, 47-55.

Chapin, F.S., Matson, P.A. and Mooney, H.A. 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer, New York.

Cizungu, L., J. Staelens, D. Huygens, J. Walangululu, D. Muhindo, O. Van Cleemput, and P. Boeckx. 2014. Litterfall and leaf litter decomposition in a central African tropical mountain forest and Eucalyptus plantation, Forest ecology and management, 326, 109-116.

Côte, L., Brown, S., Pare, D., Fyles, J. and Bauhus, J. 2000. Dynamics of carbon and nitrogen mineralization in relation to stand type, stand age and soil testure in the boreal mixedwood, Soil Biology and Biochemistry 32: 1079–1090.

Couteaux, M.M., Bottner, P. and Berg, B. 1995. Litter decomposition, climate and liter quality, Trends in Ecology and Evolution 10, 63-66.

Crossley, D. and Hoglund, M.P. 1962. A litter-bag method for the study of microarthropods inhabiting leaf litter, Ecology, 43, 571-573.

Daudu, C.K., Muchaonyerwa, P. and Mnkeni, P.N.S. 2009. Litterbag decomposition of genetically modified maize residues and their constituent Bacillus thuringiensis protein (Cry1Ab) under field conditions in the central region of the Eastern Cape, South Africa, Agriculture, Ecosystems and Environment, 134, 153-158.

Dündar, M. 1987. Toprak organik maddesi ve ekolojik yönden önemi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B- Cilt 37(1).

Dündar, M. 1988. Aladağ'da (Bolu) bazı sarıçam meşcerelerinde yıllık yaprak dökümü miktarı ve bu yolla toprağa verilen azot'un tespiti üzerine araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A- Cilt 38(1).

Eyüpoğlu, O.E., Vildan, Ö., Ataci, N., ve Arisan, İ. 2011. Beyaz çürükçül mantarlardan lignolitik enzimlerin yanında endüstriyel öneme sahip bazı enzimlerin varlığının belirlenmesi ve üretimde asidik şartların etki mekanizmasının rolü, Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 5 (2): 111-125, 4; 93-98.

Ferreira, V., Larrañaga, A., Gulis, V., Basaguren, A., Elosegi, A., Graça, M.A.S. and J. Pozo. 2015. The effects of eucalypt plantations on plant litter decomposition and macroinvertebrate communities in Iberian streams, Forest ecology and management, 335, 129-138.

Genç, M. 2004. Silvikültürün temel esasları, SDÜ Orman Fakültesi Yayın No: 44, Isparta, ISBN: 975-7929-70-0.

Hansen, R.A. and Coleman, D.C. 1998. Litter complexity and composition are determinants of the diversity and species composition of oribatid mites (Acari: Oribatida) in litterbags, Applied Soil Ecology, 9, 17-23.

Heal, O.W., Anderson, J.M. and Swift, M.J. 1997. Plant litter quality and decomposition: A historical overview, Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition, ed.G. Cadisch, K E Giller, CAB International Wallingford, pp., 3-45.UK.

Hobbie, R. 1996. Temperature and plants species controls over litter decomposition in Alaskan tundra, Ecological Monographs, 66: 503–522.

Hristovski, S., Berg, B. and Melovski, L. 2014. Limitless decomposition in leaf litter of Common beech: Patterns, nutrients' and heavy metal's dynamics, Pedobiologia, 57, 131-138 .

Irmak, A. ve Çepel, N.1974. Bazı karaçam, kayın ve meşe meşcerelerinde ölü örtünün ayrışma ve humuslaşma hızı üzerine araştırmalar, Taş matbaası, İstanbul.

Jiang, Y., Yin, X. and Wang, F. 2014. Impact of soil mesofauna on the decomposition of two main species litters in a Pinus koraiensis mixed broad-leaved forest of the Changbai Mountains, Acta Ecologica Sinica, 34, 110-115.

John, T.S. 1980. Influence of litterbags on growth of fungal vegetative structures, Oecologia, 46, 130-132.

Kampichler, C. and Bruckner, A. 2009. The role of microarthropods in terrestrial decomposition: a meta-analysis of 40 years of litterbag studies, Biological Reviews, 84, 375-389.

Kantarcı, M. D. 1987. Toprak ilmi. İstanbul Üniversitesi Yay. No: 3444, Orman Fakültesi Yay. No: 387, Matbaa Teknisyenleri Basımevi – İstanbul.

Karagül, R. 1990. Artvin-Murgul yöresindeki kayın ve kızılağaç orman ölü örtülerinin bazı hidrolojik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Kavvadias, V.A., Alifragis, D., Tsiontsis, A., Brofas, G. and Stamatelos, G. 2001. Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece, Forest ecology and management, 144, 113-127.

Kılınç, M. ve Kutbay, G. 2008. Bitki Ekolojisi, Geliştirilmiş 2. Baskı, Palme Yayıncılık, Palme Yayınları: 275, ISNB: 975-8624-23-0, Ankara.

Kisselle, K., Garrett, C., Fu, S. Hendrix, P., Crossley, Jr. D., Coleman, D. and Potter, R. 2001. Budgets for root-derived C and litter-derived C: comparison between conventional tillage and no tillage soils, Soil Biology and Biochemistry, 33, 1067-1075.

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.

Leifheit, E.F., Verbruggen, E. and Rillig, M.C. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi reduce decomposition of woody plant litter while increasing soil aggregation, Soil Biology and Biochemistry, 81, 323-328.

Li, A., Fahey, T.J., Pawlowska, T.E., Fisk, M.C. and Burtis, J. 2015. Fine root decomposition, nutrient mobilization and fungal communities in a pine forest ecosystem, Soil Biology and Biochemistry, 83, 76-83.

Li, X., Wu, F., Yang, W., Xia, L. and Tan, B. 2014. Contribution of meso- and macro-fauna to nitrogen release in needle litter decomposition of Abies faxoniana during the freeze-thaw period, Acta Ecologica Sinica, 34, 290-293.

Lin, N., Bartsch, N., Heinrichs, S. and Vor, T. 2015. Long-term effects of canopy opening and liming on leaf litter production, and on leaf litter and fine-root decomposition in a European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest, Forest ecology and management, 338, 183-190.

Malagnoux, M. 2007. Arid land forests of the world: global environmental perspectives. In, International Conference on Afforestation and Sustainable Forests as a Means to Combat Desertification, pp. 16-19.Jerusalem, Israel.

Michel, K. and Matzner, E. 2002. Nitrogen content of forest floor Oa layers affects carbon pathways and nitrogen mineralization, Soil Biology and Biochemistry, 34: 1807–1813.

Odum, E.P. and Barrett, G.W. 2008. Ekoloji'nin temel ilkeleri, Palme Yayıncılık.

Olson, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems, Ecology, 44, 322-331.

Ono, K., Hirai, K., Morita, S., Ohse, K. and Hiradate, S. 2009. Organic carbon accumulation processes on a forest floor during an early humification stage in a temperate deciduous forest in Japan: Evaluations of chemical compositional changes by 13C NMR and their decomposition rates from litterbag experiment, Geoderma, 151, 351-356 .

Pe'rez-Corona, M. E., Herna'ndez, M.C.P. and Bermu'dez de Castro, F. 2006. Decomposition of alder, ash, and poplar litter in a mediterranean riverine area, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37: 1111–1125.

Pitman, R., Bastrup-Birk, A., Breda, N., Rautio, P. 2010. Sampling and Analysis of Litterfall. In, Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre: Hamburg, Germany.

Ponsard, S. and Arditi, R. 2000. What can stable isotopes (δ15N and δ13C) tell about the food web of soil macro-invertebrates?, Ecology, 81, 852-864.

Prescott, C.E. and Blevins, L.L. 2000. Litter decomposition in British Columbia forests: influences of forestry activities. In Proceedings, From science to management and back: a science forum for southern interior ecosystems of British Columbia. C. Hollstedt, K. Sutherland, and T. Innes (editors). Southern Interior Forest Extension and Research Partnership, pp. 119–21.Kamloops, B.C.

Rowland, A. and Roberts, J. 1994. Lignin and cellulose fractionation in decomposition studies using acid-detergent fibre methods. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 25, 269-277.

Sargıncı, M. 2014. Batı karadeniz orman ekosistemlerinde ölü örtü dinamiği. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Düzce.

Sarıyıldız, T. 2003. Litter Decomposition of *Picea orientalis, Pinus sylvestris* and *Castanea sativa* trees grown in artvin in relation to their initial litter quality variables, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27:237-243.

Sariyildiz, T. 2008. Effects of gap-size classes on long-term litter decomposition rates of beech, oak and chestnut species at high elevations in Northeast Turkey, Ecosystems, 11, 841-853.

Sarıyıldız, T. and Anderson, J. 2003. Interactions between litter quality, decomposition and soil fertility: a laboratory study, Soil Biology and Biochemistry, 35, 391-399.

Sarıyıldız, T. and Anderson, J. 2005. Variation in the chemical composition of green leaves and leaf litters from three deciduous tree species growing on different soil types, Forest ecology and management, 210, 303-319.

Sarıyıldız, T. and Küçük, M. 2008. Litter mass loss rates in deciduous and coniferous trees in Artvin, Northeast Turkey: Relationships with Litterquality, Microclimate, and Soil Characteristics, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32:547-559.

Sarıyıldız, T. and Küçük, M. 2009. Influence of slope position, stand type and rhododendron (*Rhododendron ponticum*) on litter decomposition rates of Oriental beech

(*Fagus orientalis* Lipsky.) and spruce [*Picea orientalis* (L.) Link], Eurprean Journal of Forest Research, 128: 351-360.

Sariyildiz, T., Anderson, J. and Kucuk, M. 2005a. Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey, Soil Biology and Biochemistry, 37, 1695-1706.

Sariyildiz, T., Tüfekcioğlu, A. and Küçük, M. 2005b. 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.

Sarıyıldız, T., Varan, S. ve Duman, A. 2008. Ölü Örtü Ayrışma Oranları Üzerinde Kimyasal Bileşenlerin ve Yetişme Ortamı Özelliklerinin Etkisi: Artvin ve Ankara Yöresine Ait Örnek Bir Çalışma. Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi, 109-119.

Schaller, J. and Brackhage, C. 2015. Invertebrate grazers affect metal/metalloid fixation during litter decomposition, Chemosphere, 119, 394-399.

Scheu, S. and Falca, M. 2000. The soil food web of two beech forests (*Fagus sylvatica*) of contrasting humus type: stable isotope analysis of a macro-and a mesofauna-dominated community, Oecologia, 123, 285-296.

Smyth, C.E., Macey, D. and Trofymow, J.A. 2015. Long-term litter decay in Canadian forests and the influence of soil microbial community and soil chemistry, Soil Biology and Biochemistry, 80, 251-259.

SPSS, 2003. SPSS Base 12.0 user's guide. SPSS Inc., Chicago.

Swift, M.J., Heal, O.W. and Anderson, J.M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems, Univ of California Press.

Tu, T.T.N., Egasse, C., Zeller, B., Bardoux, G., Biron, P., Ponge, J.F., David, B. and Derenne, S. 2011. Early degradation of plant alkanes in soils: A litterbag experiment using 13 C-labelled leaves, Soil Biology and Biochemistry, 43, 2222-2228.

Türkeş, M., Sümer, U.M. and Çetiner, G. 2000. Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. Ankara, ÇKÖK Gn. Md., 7-24.

Turna, İ., Altun, L., Üçler, A.Ö. and Tazegün, T. 2006. Kurak ve yarıkurak bölge ağaçlandırmalarının genel değerlendirmesi, 33-41. Ürgüp,

Ürgenç, S.İ. 1998. Ağaçlandırma Tekniği. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: İstanbul.

Van Nevel, L., Mertens, J., Demey, A., De Schrijver, A., De Neve, S., Tack, F.M.G. and Verheyen, K. 2014. Metal and nutrient dynamics in decomposing tree litter on a metal contaminated site, Environmental Pollution, 189, 54-62.

Wang, G., Zhang, L., Zhang, X., Wang, Y. and Xu, Y. 2014. Chemical and carbon isotopic dynamics of grass organic matter during litter decompositions: A litterbag experiment, Organic Geochemistry, 69, 106-113.

Wiegert, R.G. 1974. Litterbag studies of microarthropod populations in three South Carolina old fields, Ecology, 94-102.

Yılmaz, S., Şimşek, Z., İmal, B., Öner, N. ve Kondur, Y. 2006. Çankırı (İldivan-Küçükhacıbey)'da gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmaları. türkiye'de yarı kurak bölgelerde yapılan ağaçlandırma ve erozyon kontrolü uygulamalarının değerlendirilmesi çalıştayı, Ürgüp. 7-10 Kasım 2006, 88-93.

Zhang, C.F., Meng, F.R., Bhatti, J.S., Trofymow, J.A. and Arp, P.A. 2008. Modeling forest leaf-litter decomposition and N mineralization in litterbags, placed across Canada: A 5-model comparison, Ecological Modelling, 219, 342-360.

Zhang, D., Hui, D., Luo, Y. and Zhou, G. 2008. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. Journal of Plant Ecology, 1(2), 85–93.

ÖZGEÇMİŞ

Adı - Soyadı : Tuğba TUNÇ

Doğum Yeri : Mersin

Doğum Tarihi : 10.01. 1992

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dil : İngilizce

Adres : Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi

Telefon : 0 543 736 72 60

E- posta : tugbatunc33@gmail.com

Öğrenim Durumu

Öğrenim Dönemi	Derece	Üniversite	Öğrenim Alanı
2011–2015	Lisans	Çankırı Karatekin	Orman Mühendisliği
2016–2019	Y. Lisans	Çankırı Karatekin	Orman Mühendisliği

Yayınları

1- Çakır, M., Tanı, M. ve Tunç, T., 2018. Bozkır-orman geçiş kuşağındaki çalı türlerinin toprak biyoçeşitliliğine etkisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 20 (3), 583-589.

2- Çakır, M. ve Tunç, T., 2018. Litter Decomposition of *Quercus pubescens* in Semi-arid Region. International Congress on Engineering and Life Science, 26-29 April 2018, Kastamonu,TURKEY.

3- Çakır, M. ve Tunç, T., 2018. Almond (*Amygdalus orientalis*) Leaf Litter Decomposition on Gypsum Soil. International Congress on Engineering and Life Science, 26-29 April 2018, Kastamonu,TURKEY.

4- Sargıncı, M., Çakır, M., Akburak, S. ve Tunç, T., 2018. Preliminary Results of Litterfall and C&N Contents of Litterfall in Black pine. International Ecology 2018 Symposium, 19-23 June 2018, Kastasmonu, Turkey.