



Ayrışma Sürecinde Orman Karıncalarının (*Formica rufa* grup) Rolü: İlk Yıl Sonuçları

Meriç ÇAKIR^{1*}, Tuğba TUNÇ²

^{1*} Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, 18200, ÇANKIRI

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 18200, ÇANKIRI

Öz

Orman karıncaları (*Formica rufa* grup) ılıman kuşaktaki ibreli ormanlarda baskın olarak bulunan karınca grubudur. Toprak üstündeki büyük yuvalarını orman tabanından topladıkları organik materyal ve reçine ile inşa ederler. Bu yuvalar yüksek sıcaklık ve düşük nem içeriği bakımından çevrelerinden farklılık gösterirler. Bu çalışmada bu özel çevresel şartların, ölü örtünün kütle kaybı ile karbon (C), azot (N), potasyum (K), fosfor (P), mangan (Mn), demir (Fe) ve alüminyum (Al)'u ayrışma sürecinde nasıl etkilediğine bakılmıştır. Çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında saf karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ormanında, ölü örtü kese yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Karaçam ibreleri karınca yuvalarının hemen kenarına ve yuvadan 10 m uzağa konulmuştur.

Karıncaların etkisi ve kurak yuva şartları nedeni ile ayrışmanın yavaş olmasını beklerken, karınca yuvalarının, karaçam ibrelerinin ayrışma sürecinde, kütle kaybı, karbon, azot, potasyum ve fosfor'un zamansal değişimi üzerinde istatistiksel olarak fark yaratacak etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Fakat mangan, alüminyum ve demir gibi elementlerin zamansal değişiminde karınca yuvalarının, orman toprağına kıyasla bu elementlerin toprağına girişinde yavaşlatıcı etkiye sahip oldukları bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Karbon, azot, karaçam, ölü örtü, ayrışma, bitki besin maddeleri.

The Role of Wood Ants (*Formica rufa* Group) on Decomposition Process: Preliminary Result

Abstract

Wood ants (*Formica rufa* group) are dominating ecosystem elements in coniferous forests of the temperate region. They build the large nests on aboveground with organic material and resin collected from the forest floor. These mounds have higher temperature and lower water content than the surrounding forest floor. We studied how these peculiar environmental conditions affected litter mass loss and carbon (C), nitrogen (N), potassium (K), phosphorus (P), manganese (Mn), iron (Fe) and aluminium (Al) mineralisation of organic matter. The study conducted in temperate Black pine (*Pinus nigra* Arnold.) forest stands in Çankırı Karatekin University Faculty of Forestry Research Forest using the litterbag technique. Black pine needle litter was incubated in adjacent the wood ant nest and 10 m away from the nest edge.

While we expected decomposition to be slow due to the dryness of the mounds and effect of wood ants, the ant nests were not found to have a significant effect on the temporal variation of mass loss, carbon, nitrogen, potassium and phosphorus in the process of litter decomposition. However, the release of manganese, aluminium and iron is slower in ant nests compared to forest soil.

Keywords: Carbon, nitrogen, black pine, litter, decomposition, plant nutrition.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Meriç ÇAKIR (Dr.); Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü 18200, Çankırı-Türkiye. Tel: +90 (376) 212 2757, Fax: +90 (376) 213 6983, E-mail: mericcakir@karatekin.edu.tr
ORCID: 0000-0001-8402-5114

Geliş (Received) : 24.02.2019
Kabul (Accepted) : 21.05.2019
Basım (Published) : 15.08.2019

1. Giriş

Ayrışma, orman ekosistemindeki önemli süreçlerden birisidir ve besin döngüsünün en önemli bileşenidir (Swift ve ark., 1979). Ayrıca bitki büyümesi için gerekli besin maddelerinin döngüsünde önemli rolü vardır (Çakır ve Akburak, 2017). Ayrışma süreci, iklim, ölüörtü kalitesi, toprak canlıları, toprak tekstürü ve strüktürü ile diğer faktörler tarafından etkilenmektedir (Berg ve McClaugherty, 2014). Fakat en önemli faktör iklim ve ölüörtü kalitesidir ki bu iki bileşene bağlı olarak ayrıştırıcı canlıların komünite yapıları ve ayrışmanın süresi etkilenmektedir (Aerts, 1997). Ölüörtü kalitesini belirleyen karbon (C) ve azot (N)'ün oranı ile ölüörtünün ayrışma oranı arasında ilişki vardır (Aerts, 1997; Hoorens ve ark., 2003). Ayrışma sürecinde ölüörtünün kimyasal yapısı zamanla değişmekte ve buna bağlı olarak ölüörtü üzerindeki ayrıştırıcı canlıların komünite yapısı da değişmektedir (Frankland, 1998; Voříšková ve Baldrian, 2013). Ayrışma üzerinde birçok canlının doğrudan ve dolaylı etkisi bulunmaktadır (Wardle, 2002).

Orman karıncaları (*Formica rufa* grup (Hymenoptera, Formicidae)) ılıman kuşaktaki ibreli ormanlarda baskın olarak bulunan karınca grubudur (Stockan ve Robinson, 2016). Toprak üstündeki büyük yuvalarını orman tabanından topladıkları organik materyal ve reçine ile inşa ederler. Orman karıncaları yuvalarını, toprak üstüne inşa ettikleri hacim kadar toprak altında da inşa ederler (Jurgensen ve ark., 2008). Yapmış oldukları büyük yuvalar ile etraflarındaki toprağın ve ölüörtünün fiziksel ve kimyasal yapısı ile canlıların komünite yapılarını etkilemektedirler (Jílková ve ark., 2011; Frouz ve ark., 2016). Jílková ve ark. (2012) hektarda 5-10 adet karınca yuvası bulunan alanlarda döküm ile gelen ibrelerin yarısını karıncaların yuvalarına götürdüklerini ve ayrışmayı % 10-20 hızlandırdığını belirtmişlerdir. Karınca yuvaları organik madde ve besin elementleri bakımından orman tabanına kıyasla daha zengindir (Laakso ve Setälä, 1998; Lenoir ve ark., 2001; Frouz ve ark., 2005; Kilpeläinen ve ark., 2007). Ayrıca yuva sıcaklığı yaz ayları da dâhil daha sıcak, nem içeriği de yıl boyunca daha düşük olması nedeni ile çevresel şartlar bakımından orman toprağına kıyasla farklıdır (Laakso ve Setälä, 1997; Frouz, 2000; Lenoir ve ark., 2001). Bu kurak şartlar organik maddenin ayrışma hızını yavaşlatabildiği gibi yüksek yuva ısısı da ayrışmayı hızlandırabilmektedir (Domisch ve ark., 2008). Karınca yuvalarında en çok kullanılan organik madde, birincil üretim ile en fazla üretilen bitki kısmı ve besin döngüsünün merkezinde olan, ibrelerdir. Orman karıncalar toprak içerisine yapmış oldukları yuvalar ile toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve ayrıca toplamış oldukları ibreler ile ölüörtünün miktarını ve ayrışma hızını değiştirebilirler (Nkem ve ark., 2000; Frouz ve ark., 2003; Cammeraat ve Risch, 2008; Risch ve ark., 2016). Orman karıncaları ölüörtü ayrışmasını, ibreler üzerindeki fiziksel etkileriyle doğrudan, mikroorganizmalar üzerindeki etkileri ile dolaylı olarak etkilemektedir (Stadler ve ark., 2006). Bununla birlikte orman karıncalarının, ayrışma sürecine, olumlu (Wardle ve ark., 2011) ya da olumsuz etkileri olabilmektedir (Kristiansen ve Amelung, 2001; Lenoir ve ark., 2001).

Bu çalışmanın amacı, *Formica rufa* yuvalarının (1) ölüörtü ayrışması üzerindeki ve (2) orman ekosistemindeki besin döngüsüne olan etkilerinin belirlenmesidir. Bu bağlamda literatür çalışmaları doğrultusunda iki adet hipotez ileri sürebiliriz; i) karınca yuvasının yanına koyulan ölüörtü keselerinin daha yavaş ayrışacağı, orman tabanında ise ayrışmanın göreceli olarak daha hızlı olabileceğini ii) ayrıca karıncaların ayrıştırıcı canlılar üzerinde etkileri olacağından bazı besin maddelerinin orman toprağında daha hızlı girişinin söz konusu olabileceğini tahmin etmekteyiz.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

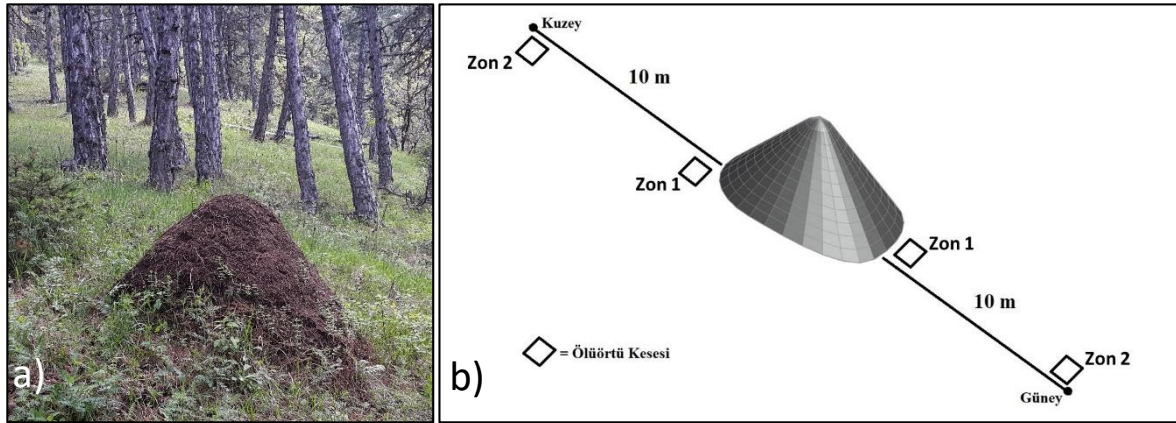
Araştırma alanı, Çankırı ili, Eldivan ilçesi sınırları içinde yer alan Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda yer almaktadır. Konum itibarıyla, 40°30'11" - 40°29'35" Kuzey enlemleri ile 33°25'45" - 33°27'10" Doğu boylamları arasındadır. İklim verileri için, çalışma alanına en yakın istasyon olan 930 m yükseltideki Eldivan meteoroloji gözlem istasyonunun rasat sonuçları esas alınmıştır. Göl ve ark. (2010)'e göre yörede en yüksek sıcaklık 37,0°C ile ağustos ayında, en düşük sıcaklık -17,3°C ile şubat ayında kaydedilmiş olup, yıllık ortalama sıcaklık 10,4 °C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı 500,9 mm, vejetasyon süresi içindeki yağış miktarı ise 274,3 mm'dir. Araştırma alanı Thornthwaite yöntemine göre; "kurak-yarı nemli, mezotermal, kışın orta derecede su fazlası olan, deniz iklim etkisine yakın" bir iklim tipine sahiptir (Abay ve Ursavaş, 2009).

2.2. Metot

Araştırmanın yapılacağı karınca (*Formica rufa*) yuvaları, 2014 Ağustos ayında Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı içerisindeki saf karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) meşceresinden seçilmiştir (Şekil 1a). Ön arazi çalışmasında yuvaların boyutları ölçülmüş ve hacimleri birbirine yakın ($0,54 \pm 0,05 \text{ m}^3$) olan dört yuva çalışma objesi olarak belirlenmiştir. Karınca yuvalarının bulunduğu meşcereler 1365 m yükseltide, orta yamaç arazide % 15 eğimde ve kuzey bakıda bulunmaktadır. Meşcerelerin ortalama boyu 13 m, çapı 19 cm, yaşı 86 ve meşcere kapallılığı % 80 olarak belirlenmiştir.

Araştırmaya başlanan tarihte yoğun ibre dökümü gerçekleşmediği için ibreler 2014 Ağustos ayında ağaçlardan toplanmıştır. Ölüörtü kalitesini göreceli olarak sabit tutmak için ağaçlardan 2 yaşındaki ibreler toplanmıştır. Laboratuvara getirilen ibreler hava kurusu hale getirildikten sonra nem tayini yapılmış ve alt örnek alınmıştır. Ayırışma sürecinde kütle kaybı ölüörtü kese tekniği kullanılarak belirlenmiştir (Coleman ve ark., 2004). Ölüörtü keseleri, $20 \times 10 \text{ cm}^2$ boyutlarında ve 1 mm gözenek açıklığına sahip fiber sinek tellerinden yapılmıştır. Keseler içerisine, ibre örnekleri (~ 2 g) ile kese numarasının ve ağırlığının yazılı olduğu alüminyum etiketler birlikte konulmuştur.

Hazırlanan keseler Eylül 2014 ayında 4 farklı karınca yuvasının güneyine ve kuzeyine iki farklı mesafeye, yuvalarının hemen kenarına (Zon 1) ve karıncaların etkisinin olmadığı 10 m uzağına, orman tabanına (Zon 2) konulmuştur. Dört adet karınca yuvasına dört farklı noktasına ölüörtü kesesi yerleştirilmiştir (Şekil 1b). Keseler Eylül 2014 ve Eylül 2015 tarihleri arasında iki ayda bir (yılda 6 kez) ve her bir örnekleme döneminde 3'er adet toplanmıştır. Toplamda $288 (4 \text{ yuva} \times 4 \text{ nokta} \times 6 \text{ ay} \times 3 \text{ örnekleme} = 288)$ kese alana yerleştirilmiştir.



Şekil 1. Karaçam ormanında bulunan a) *Formica rufa* yuvası ve b) yuva yanına (zon 1) ve orman tabanına (zon 2) yerleştirilen ölüörtü keselerinin karınca yuvasına göre konumları.

2.3. Laboratuvar Yöntemleri

Deneme alanlarından alınan ölüörtü keseleri laboratuvara getirilmiş ve dikkatlice açılarak içerisindeki ibreler çıkartılmıştır. Çıkarılan ibreler saf su ile temizlendikten sonra etüv içerisinde 65°C de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kütle kaybı aşağıda belirtilen eşitlik ile hesaplanmıştır (Coleman ve ark., 2004).

$$\text{Kalan Kütle} = \frac{M_0 - M_t}{M_0} \times 100$$

M_0 = Başlangıçtaki kuru kütle

M_t = Son kuru kütle

Ayrıca Olson (1963)'a göre ayırışma sabiti (k) belirlenmiştir.

$$M_t = M_0 e^{-kt}$$

M_0 : Başlangıçtaki ölüörtü kütlesi

M_t : t zamandaki ölüörtü kütlesi

k : ayırışma sabiti

Yukarıdaki eşitlikte ayrışma sabiti (k), başlangıç kütlesi bilinen organik maddenin (t) zaman sonra kalan kütlesinin logaritması ile bulunmuştur. Ayrıca $3/k$ oranı ile ölüörtünün % 95'lik kısmının kaç yılda ayrışacağı belirlenmiştir (Olson, 1963).

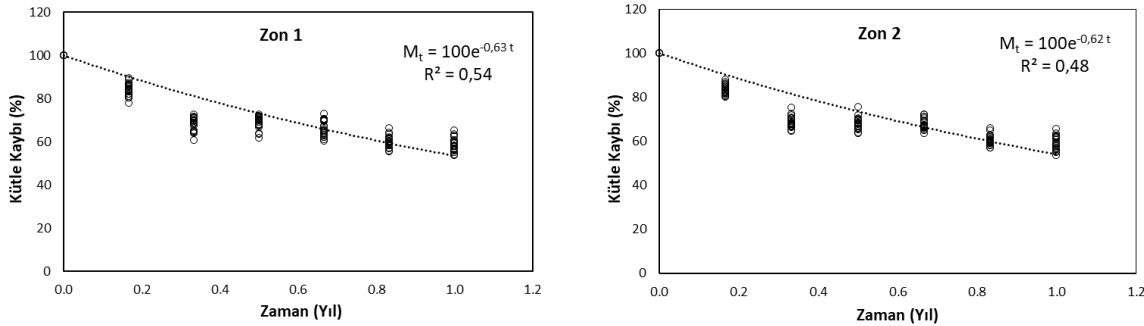
Ayrışma sürecinde keseler içerisindeki ibrelerin karbon (C) ve azot (N) içerikleri CN analiz cihazında (LECO, St. Joseph, MI, USA). Potasyum (K), fosfor (P), mangan (Mn), demir (Fe) ve alüminyum (Al) elementlerinin yoğunlukları ise ICP/OES cihazında belirlenmiştir (Perkin Elmer, Massachusetts, USA).

2.4. İstatistiksel Analiz

Orman karıncalarının ölüörtü ayrışmasında kütle kaybı ile C, N, K, P, Mn, Fe ve Al elementleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde Student's t -testi kullanılmış ve SPSS paket programında gerçekleştirilmiştir (SPSS, 2011).

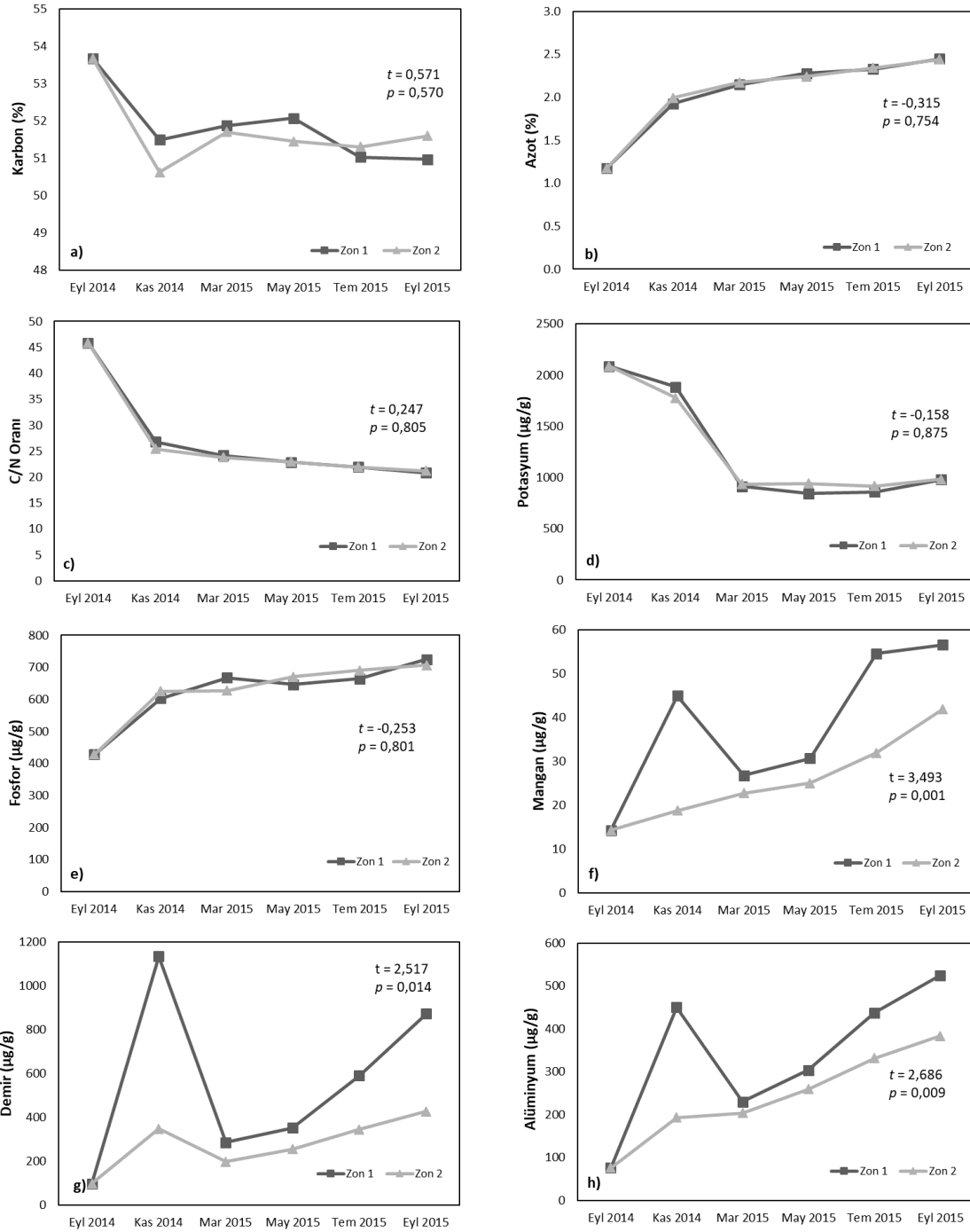
3. Bulgular

Karaçam ibrelerine ait bir yıllık ayrışma sonucunda kalan kütle miktarı, orman tabanına (Zon 1) konulan keselerde ortalama % 58 karınca yuvasının yanına konulan (Zon 2) keselerde ortalama % 59 olarak bulunmuş olup aralarındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0,654$). Bir yılın sonunda karaçam ibrelerinde ortalama kütle kaybı yaklaşık % 40 olarak bulunmuştur. İbrelerde ayrışma ilk aylarda (Eylül-Mart) hızlı sonraki aylarda göreceli olarak yavaşlamıştır (Şekil 2). Üstel ayrışma modeline göre bir yılın sonunda ayrışma oranı (k) Zon 2'de 0,62 Zon 1'de ise 0,63 olarak belirlenmiş ve aralarında istatistiksel anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). Bir yılın sonunda elde edilen kütle kaybı değerleri ile ibrelerin % 95'inin ($3/k$), orman tabanında ve karınca yuvasının yanında ortalama 4,8 yılda ayrışacağı belirlenmiştir.



Şekil 2. Karaçam ibrelerinde karınca yuvalarının yanı (Zon 1) ve 10 m uzağına (Zon 2) konulan ölüörtü keselerinde ayrışma sonucunda meydana gelen kütle kaybı grafiği ve üstel ayrışma modeline göre elde edilen k değerleri.

Zon 1 ve zon 2'de karbon miktarındaki değişim, kütle kaybı ile benzerlik göstermektedir (Şekil 2 ve 3a). Fakat iki alan arasında karbon değişimi bakımından istatistiksel bir fark belirlenmemiştir ($p > 0,05$) (Şekil 3a). Azot ve fosfor miktarlarında ayrışma süresince artış olduğu görülmektedir ve bu artış miktarı bakımından alanlar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$) (Şekil 3b, e). Ölüörtü kalitesi olarak gösterilen C/N oranı, ayrışmanın dinamiği hakkında da önemli bilgiler vermektedir. Ölüörtü'de bulunan azot miktarı arttıkça ayrışma hızlanmakta buda C/N oranını düşürmektedir. Yapılan çalışmada ölüörtünün başlangıçtaki C/N oranı ayrışmanın yavaş ilerleyeceğinin göstergesidir fakat ilerleyen yıllarda azot konsantrasyonunda meydana gelen artış göreceli olarak ayrışmayı da hızlandırmaktadır. Bununla birlikte karınca yuvalarının C/N oranına istatistiksel olarak etki etmediği belirlenmiştir ($p > 0,05$) (Şekil 3c). Potasyum miktarındaki hızlı azalma kütle kaybında meydana gelen azalmaya kıyasla daha hızlı olduğu görülmektedir (Şekil 3d). Her iki alanda da potasyum miktarındaki değişim arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). Mangan, demir ve alüminyum miktarı ayrışma süresince, başlangıca kıyasla artış göstermektedir. Ayrıca ayrışma süresince mangan, demir ve alüminyum miktarındaki kayıp zon 2'de zon 1'e kıyasla önemli derecede fazladır ($p < 0,05$) (Şekil 3 f, g, h).



Şekil 3. Karınca yuvalarının yanına (Zon 1) ve Orman tabanına (Zon 2) konulan ibre örneklerindeki ayrışmaya süresince C, N, P, K, Mn, Fe ve Al miktarlarındaki zamansal değişim.

4. Tartışma

İlk hipotezimizin aksine karınca yuvasının yanına ve orman tabanına konulan keseler arasında kütle kaybı bakımından fark çıkmamıştır. Bizim beklentimiz kuvvetli alan savunması davranışı sergileyen orman karıncalarının, ayrıştırıcı canlıları, yuva ve etrafından dışlayacakları ve bunun sonucunda dolaylı olarak ayrışmanın olumsuz etkileneyeceği ve yuva içerisinde, larva gelişimi için gerekli olan yüksek sıcaklık, nem ve mikrobiyal biyokütle yüzünden ayrışmanın değişeceği doğrultusunda (Rosengren ve ark., 1987; Laakso ve Setälä, 1997; Frouz, 2000; Frouz ve ark., 2016). Fakat literatür çalışmaları, karıncaların ayrıştırıcı mikroorganizmaların miktarı üzerinde önemli etkilerinin olmadığını (Laakso ve Setälä, 2000; Lenoir ve ark., 2003) ayrıca yuva içerisine konulan keseler, orman tabanına konulan keselere kıyasla daha hızlı ayrışabildiği

gibi (Wardle ve ark., 2011) daha yavaş ayrışabildiğini de belirtmektedir (Kristiansen ve Amelung, 2001; Lenoir ve ark., 2001; Domisch ve ark., 2008). Bizim çalışmamızda, yukarıda belirtilen çalışmalardan farklı olarak hem yöntem hem de ekosistem özellikleri bakımından farklılık göstermektedir. Sonuç olarak, yuva kenarına (Zon 1) ve orman tabanına (Zon 2) konulan keseler arasında kütle kaybı bakımından fark çıkmamıştır fakat bazı besin elementleri yoğunlukları bakımından önemli farklar olduğu belirlenmiştir. Karaçam ibrelerinin, kütle kaybı bakımından bir yılın sonunda yaklaşık % 40'ı ayrışmıştır. Yapılan diğer çalışmalarda karaçam ibrelerinin bir yılın sonunda Sarıyıldız ve ark. (2008) %26'sının, Berger ve ark. (2015) % 35'inin ayrıştığını belirtilmiştir.

Ölüörtü ayrışması süresince ibrelerde bulunan elementlerin yoğunlukları ile zon 1 ve zon 2 arasında ki farklılıklar incelendiğinde bir yılın sonunda ibrelerde meydana gelen karbon yoğunluğundaki değişim zon 1 ve zon 2'de sırasıyla % 49 ve % 48 olarak bulunmuştur. Benzer olarak Berger ve ark. (2015) bir yılın sonunda karaçam ibrelerinde belirlenen karbon miktarının % 49 olduğunu belirtmiştir. Çam türlerinin, biyokütlesinin büyük kısmı karbondan oluşmaktadır (% 52-54) (Tolunay, 2009; Güner ve Çömez, 2017). Bu yüzden ayrışma sürecinde meydana gelen kütle kaybı ile karbon yoğunluğundaki azalma doğru orantılıdır. Azot ayrışma süresince oransal olarak artan bir seyir izlemektedir. Ölüörtü ayrışırken, azot: yıkanma, birikme ve salım fazlarını içeren üç fazlı eğri çizmektedir (Berg ve Staaf, 1981). Yarı kurak alanlarda yağışın az olması nedeni ile yıkanma fazı olmadan birikme fazı görülmektedir (Şekil 3 b). Domisch ve ark. (2008) azotun ayrışma süresince oransal olarak arttığını fakat aslında kütledeki miktarının değişmediğini belirtmektedir. C/N oranı ayrışmanın önemli göstergelerindedir. Yüksek (36:1) C/N oranı yavaş ayrışmanın, düşük C/N oranı ise hızlı ayrışmanın göstergesidir (Manzoni ve ark., 2010). Ayrışma süreci ilerledikçe karbon azalmakta buna karşın azot miktarı göreceli olarak değişmemektedir. Bunun sonucunda süreç ilerledikçe C/N değeri azalmaktadır. Bu durum ayrışmanın ilerleyen aşamalarında kütle kaybının daha yavaş olacağını ve ayrışma süresinin artacağını göstermektedir. Potasyum ayrışma sırasında hızlı çözünebilen elementtir. Dökümden sonra yıkanarak hızlı bir azalma gösterdikten sonra göreceli olarak artış göstermesi beklenmektedir (Berg ve McClaugherty, 2014). Potasyumun ayrışma sırasındaki zamansal değişiminde karınca yuvalarının içi ile orman tabanında istatistiksel fark olduğu belirtilmiştir (Domisch ve ark., 2008). Ayrıca Jílková ve ark. (2011) karınca yuvasından uzaklaştıkça potasyum miktarının arttığını belirtmiştir. Yapılan çalışmada ise karınca yuvalarının kenarı ile orman tabanı arasında ayrışma süresince potasyum içeriği bakımından bir fark bulunamamıştır. Fosfor miktarı ayrışma sırasında azot gibi ayrışma süresince artış göstermektedir (Staaf ve Berg, 1981; Dutta ve Agrawal, 2001). Frouz ve ark. (2005) beş farklı orman karıncası türüne ait yuvaların kenarındaki toprakta, orman tabanına kıyasla daha fazla fosfor olduğunu ortaya koymasına rağmen bizim çalışmamızda keseler arasında bir fark çıkmamıştır ($p > 0,05$). Bunun sebebi olarak, Frouz ve ark. (2005) yapmış oldukları çalışmada topraktaki fosfor miktarına bakarken bizim çalışmamızda ölü örtüdeki fosfor değişimine bakılmıştır. Orman karıncalarının ayrışma üzerindeki etkileri hakkında yapılan çalışmaların yetersizliği tartışmayı güçleştirmektedir.

İkinci hipotezimizde belirttiğimiz gibi bazı besin maddelerinin (Mn, Fe ve Al) ayrışma yolu ile toprağa verilmesi karınca yuvasının yanında (Zon 1), orman tabanına (Zon 2) kıyasla daha yavaş çıkmıştır. Mangan miktarındaki değişim, ölüörtünün ayrışma başlamadan önceki Mn yoğunluğu ile ilişkilidir. Ayrışma başlamadan önceki Mn yoğunluğu düşük ise zamanla yoğunluk artmakta, yüksek ise zamanla yoğunluğu azalmaktadır (Berg ve ark., 2013). Orman ağaçlarından Norveç ladini, Kontorta çamı, sarıçam, huş ve kızılğaçta (Berg ve ark., 2007), saplı meşede (Davey ve ark., 2007) ve okaliptusta (Goya ve ark., 2008) ayrışma sürecinde mangan miktarının arttığı belirtilmiştir. Mangan, demir ve alüminyum gibi metaller yıkanabilir olmadığından ayrışma süresince birikme eğilimi göstermektedir (Virzo De Santo ve ark., 2002). Fakat mangan farklı olarak pH'nın düşmesi ile çözünürlüğü ve yıkanabilirliği artmaktadır ayrıca Mn yoğunluğundaki bu değişim mikrobiyal komüniteler ile ilişkili de değildir (Berg ve McClaugherty, 2014). Demir ve alüminyum göreceli olarak hareketli olmayan ve ayrışma sürecinde yoğunlukları üstel olarak artan elementlerdir (Berg ve McClaugherty, 2014). Demir ve alüminyumun yoğunluğunun zon 1'de zon 2'ye kıyasla daha yüksek olmasının sebebi, karınca yuvalarındaki mikrobiyal komünitenin orman tabanından farklı olmasından kaynaklanabilir. Karınca yuvalarının oluşturmuş olduğu mikroklima yuvadaki mikrobiyal aktivitenin, orman tabanına kıyasla daha yüksek olmasına neden olmaktadır (Stadler ve ark., 2006; Jílková ve ark., 2018).

5. Sonuç ve Öneriler

Orman karıncalarının (*Formica rufa* grup) ölü örtü ayrışmasına olan etkilerini belirlemek için ölüörtü kese yöntemi ile yapılan ve ilk yıl sonuçlarına göre karınca yuvalarının, karaçam ibrelerinin ayrışması sürecinde, kütle kaybı, karbon (C), azot (N), potasyum (K) ve fosfor (P)'un zamansal değişimi üzerinde istatistiksel olarak fark yaratacak etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Fakat mangan (Mn), alüminyum (Al) ve demir (Fe) gibi

elementlerin zamansal değişiminde karınca yuvalarının, bu elementlerin toprağa girişinde yavaşlatıcı etkiye sahip oldukları söylenebilir.

Daha önce yapılan çalışmalar ile sunulan çalışmada kullanılan örnekleme yönteminin farklı olması literatür ile kıyaslamayı zorlaştırmaktadır. İleride yapılacak çalışmalarda karınca yuvalarının içinde, yanında ve uzağındaki ayrışma süreci ile karınca yuvalarının topraktaki besin madde dağılımı üzerine olan etkileri araştırılmalıdır. Ayrıca, yuvalardaki mikrobiyal faaliyet ve solunum gibi süreçler de izlendiğinde besin maddelerinde zaman içerisinde meydana gelen farklılıkların anlaşılması ve değerlendirilmesi daha kolay olabilecektir.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209 Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projeleri Destekleme Programı'nın 1919B011402186 nolu projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

1. **Abay G, Ursavaş S (2009)**. Çankırı ili araştırma ormanı karayosunu (musci) flora ve ekolojisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 11: 61-70.
2. **Aerts R (1997)**. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, 79: 439-449.
3. **Berg B, Erhagen B, Johansson MB, Vesterdal L, Faituri M, Sanborn P, Nilsson M (2013)**. Manganese dynamics in decomposing needle and leaf litter—a synthesis. *Canadian journal of forest research*, 43: 1127-1136.
4. **Berg B, McClaugherty C (2014)**. Plant litter, Decomposition, humus formation, carbon sequestration. Third Edition. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
5. **Berg B, Staaf H (1981)**. Leaching, accumulation and release of nitrogen in decomposing forest litter. *Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecological Bulletin*, 33: 163-178.
6. **Berg B, Steffen K, McClaugherty C (2007)**. Litter decomposition rate is dependent on litter Mn concentrations. *Biogeochemistry*, 82: 29-39.
7. **Berger TW, Duboc O, Djukic I, Tatzber M, Gerzabek MH, Zehetner F (2015)**. Decomposition of beech (*Fagus sylvatica*) and pine (*Pinus nigra*) litter along an Alpine elevation gradient: decay and nutrient release. *Geoderma*, 251: 92-104.
8. **Cammeraat E, Risch A (2008)**. The impact of ants on mineral soil properties and processes at different spatial scales. *Journal of Applied Entomology*, 132: 285-294.
9. **Coleman DC, Crossley DA, Hendrix PF (2004)**. Fundamentals of soil ecology. Academic press, USA.
10. **Çakır M, 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.
11. **Davey MP, Berg B, Emmett BA, Rowland P (2007)**. Decomposition of oak leaf litter is related to initial litter Mn concentrations. *Botany*, 85: 16-24.
12. **Domisch T, Ohashi M, Finér L, Risch A, Sundström L, Kilpeläinen J, Niemelä P (2008)**. Decomposition of organic matter and nutrient mineralisation in wood ant (*Formica rufa* group) mounds in boreal coniferous forests of different age. *Biology and Fertility of Soils*, 44: 539-545.
13. **Dutta RK, Agrawal MJP (2001)**. Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. 45: 298-312.
14. **Frankland JC (1998)**. Fungal succession—unravelling the unpredictable. *Mycological research*, 102: 1-15.
15. **Frouz J (2000)**. The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nests of *Formica polyctena* wood ants. *Insectes Sociaux*, 47: 229-235.
16. **Frouz J, Holec M, Kalčík J (2003)**. The effect of *Lasius niger* (Hymenoptera, Formicidae) ant nest on selected soil chemical properties. *Pedobiologia*, 47: 205-212.
17. **Frouz J, Jílková V, Sorvari J (2016)**. Contribution of wood ants to nutrient cycling and ecosystem function. In: Stockan, J.A., Robinson, E.J.H. (Eds.), *Wood Ant Ecology and Conservation*. Cambridge University Press, U.K., p. 207.
18. **Frouz J, Kalčík J, Cudlín P (2005)**. Accumulation of phosphorus in nests of red wood ants *Formica* s. str. *Annales Zoologici Fennici*, 42: 269-275.
19. **Goya JF, Frangi JL, Pérez CA, Dalla Tea F (2008)**. Decomposition and nutrient release from leaf litter in *Eucalyptus grandis* plantations on three different soils in Entre Ríos, Argentina. *Bosque*, 29.
20. **Göl C, Yılmaz H, Ediş S (2010)**. Orman fakültesi araştırma ve uygulama ormanı topraklarının bazı özellikleri ve sınıflandırması. In, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Artvin, pp. 941-952.

21. Güner Ş, Çömez A (2017). Biomass equations and changes in carbon stock in afforested black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) stands in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26: 2368-2379.
22. Hoorens B, Aerts R, Stroetenga M (2003). Does initial litter chemistry explain litter mixture effects on decomposition? *Oecologia*, 137: 578-586.
23. Jílková V, Cajthaml T, Frouz J (2018). Relative importance of honeydew and resin for the microbial activity in wood ant nest and forest floor substrate—a laboratory study. *Soil Biology Biochemistry*, 117: 1-4.
24. Jílková V, Matějček L, Frouz J (2011). Changes in the pH and other soil chemical parameters in soil surrounding wood ant (*Formica polyctena*) nests. *European Journal of Soil Biology*, 47: 72-76.
25. Jílková V, Šebek O, Frouz J (2012). Mechanisms of pH change in wood ant (*Formica polyctena*) nests. *Pedobiologia*, 55: 247-251.
26. Jurgensen M, Finer L, Domisch T, Kilpeläinen J, Punttila P, Ohashi M, Niemelä P, Sundström L, Neuvonen S, Risch A (2008). Organic mound-building ants: their impact on soil properties in temperate and boreal forests. *Journal of Applied Entomology*, 132: 266-275.
27. Kilpeläinen J, Finér L, Niemelä P, Domisch T, Neuvonen S, Ohashi M, Risch A, Sundström L (2007). Carbon, nitrogen and phosphorus dynamics of ant mounds (*Formica rufa* group) in managed boreal forests of different successional stages. *Applied Soil Ecology*, 36: 156-163.
28. Kristiansen S, Amelung W (2001). Abandoned anthills of *Formica polyctena* and soil heterogeneity in a temperate deciduous forest: morphology and organic matter composition. *European Journal of Soil Science*, 52: 355-363.
29. Laakso J, Setälä H (1997). Nest mounds of red wood ants (*Formica aquilonia*): hot spots for litter-dwelling earthworms. *Oecologia*, 111: 565-569.
30. Laakso J, Setälä H (1998). Composition and trophic structure of detrital food web in ant nest mounds of *Formica aquilonia* and in the surrounding forest soil. *Oikos*: 266-278.
31. Laakso J, Setälä H (2000). Impacts of wood ants (*Formica aquilonia* Yarr.) on the invertebrate food web of the boreal forest floor. *Annales Zoologici Fennici*, 37: 93-100.
32. Lenoir L, Bengtsson J, Persson T (2003). Effects of *Formica* ants on soil fauna—results from a short-term exclusion and a long-term natural experiment. *Oecologia*, 134: 423-430.
33. Lenoir L, Persson T, Bengtsson J (2001). Wood ant nests as potential hot spots for carbon and nitrogen mineralisation. *Biology and fertility of Soils*, 34: 235-240.
34. Manzoni S, Trofymow JA, Jackson RB, Porporato A (2010). Stoichiometric controls on carbon, nitrogen, and phosphorus dynamics in decomposing litter. *Ecological Monographs*, 80: 89-106.
35. Nkem JN, Lobry de Bruyn LA, Grant CD, Hulugalle NR (2000). The impact of ant bioturbation and foraging activities on surrounding soil properties. *Pedobiologia*, 44: 609-621.
36. Olson JS (1963). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44: 322-331.
37. Risch AC, Ellis S, Wiswell H (2016). Where and why? Wood Ant Population Ecology. In: Stockan, J.A., Robinson, E.J.H. (Eds.), *Wood Ant Ecology and Conservation*. Cambridge, U.K.
38. Rosengren R, Fortelius W, Lindström K, Luther A (1987). Phenology and causation of nest heating and thermoregulation in red wood ants of the *Formica rufa* group studied in coniferous forest habitats in southern Finland. *Annales Zoologici Fennici*: 147-155.
39. Sarıyıldız T, Varan S, Duman A (2008). Ölü örtü ayrışma oranları üzerinde kimyasal bileşenlerin ve yetiştirme ortamı özelliklerinin etkisi: Artvin ve Ankara yöresine ait örnek bir çalışma. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8: 109-119.
40. SPSS (2011). IBM SPSS statistics base 20. SPSS Incorporated, Chicago, IL.
41. Staaf H, Berg B (1981). Plant litter input to soil. In: Clark, F.E., Rosswall, T. (Eds.), *Terrestrial nitrogen cycles. Processes, ecosystem strategies and management impacts*. *Ecological Bulletin* pp. 147-167.
42. Stadler B, Schramm A, Kalbitz K (2006). Ant-mediated effects on spruce litter decomposition, solution chemistry, and microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 561-572.
43. Stockan JA, Robinson EJ (2016). *Wood ant ecology and conservation*. Cambridge University Press,
44. Swift MJ, Heal W, Anderson JM (1979). *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. University of California Press, Berkeley.
45. Tolunay D (2009). Carbon concentrations of tree components, forest floor and understorey in young *Pinus sylvestris* stands in north-western Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24: 394-402.
46. Virzo De Santo A, Fierro A, Berg B, Rutigliano F, De Marco A (2002). Heavy metals and litter decomposition in coniferous forests. In: Violante, A., Huang, P.M., Bollag, J.M., Gianfreda, L. (Eds.), *Developments in Soil Science*. Elsevier pp. 63-78.
47. Voříšková J, Baldrian P (2013). Fungal community on decomposing leaf litter undergoes rapid successional changes. *The ISME journal*, 7: 477.

48. **Wardle DA (2002)**. Communities and ecosystems: linking the aboveground and belowground components. Princeton University Press, Princeton.
49. **Wardle DA, Hyodo F, Bardgett RD, Yeates GW, Nilsson M-C (2011)**. Long-term aboveground and belowground consequences of red wood ant exclusion in boreal forest. *Ecology*, 92: 645-656.