

The seasonal variation of arthropods living on forest soil at different altitudes in fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*) ecosystem in Bolu-Aladağ

Ahmet Duyar ^{1*}, Ender Makineci ²

^{1*} West Blacksea Forestry Institute, 14101, Bolu, Turkey

² Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Soil Science and Ecology, 34473, Istanbul, Turkey

* Corresponding author e-mail: aduyar@hotmail.com

Received (Geliş): 07.12.2015 - Revised (Düzeltilme): 11.01.2016 - Accepted (Kabul): 15.01.2016

Abstract: In the forest ecosystems, soil arthropods (*Arthropoda*), as primary and secondary consumers, have a significant role in litter decay and decomposition processes. The abundance, diversity and community structure of arthropods in soil ecosystem; give rapid response to change of site characteristics. The current study was aimed to determine of seasonal variation of soil arthropods on forest floor at different altitudes in Uludağ Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) ecosystem which is an important forest tree species in Turkey. The study was conducted in pure fir stands at 1200-1600 m altitudes (4 elevation gradients) in Aladağ, Bolu. The sampling was carried out for each winter, spring, summer and autumn seasons. The samples were collected from forest floor by pitfall traps. Variations of abundance and diversity of arthropods were evaluated according to seasons and altitudes. The distributions in trophic levels and biological diversity of arthropods were also determined. During the study, the maximum abundance of arthropods was 7576 individuals/m² in summer among seasons, and was 7854 individuals/m² at 1200 m altitude. Shannon-Wiener Index (H') and Species Richness (S') values were detected in the pitfall traps (H'= 2.22; S'= 22).

Keywords: Pitfall trap, Collembola, CCA, biological diversity, trophic level

Orman toprağı üzerinde yaşayan eklembacaklıların Bolu-Aladağ göknar (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*) ekosisteminde farklı yükseltilerdeki mevsimsel değişimi

Özet: Orman ekosistemlerindeki toprak eklembacaklıları (*Arthropoda*), ölü örtünün parçalanması ve ayrışması sürecinde, birincil ve ikincil tüketiciler olarak önemli rol almaktadır. Toprak ekosistemindeki eklembacaklıların miktarı, çeşitliliği ve toplum yapısı; yetiştirme ortamı özelliklerinin değişimine çok hızlı tepki vermektedir. Bu çalışmada, ülkemizin önemli orman ağaç türlerinden olan, Uludağ Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) ekosistemindeki, orman zemininde yaşayan toprak eklembacaklılarının farklı yükseltilerde mevsimsel değişiminin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma, Bolu Aladağ ormanlarında, 1200-1600 metre yükseltiler arasındaki (4 yükselti basamağı halinde) saf göknar meşcerelerinde yürütülmüştür. Ölü örtüden çukur tuzaklar kullanılarak yapılan örnekleme kış, bahar, yaz ve güz mevsimlerinde birer kez yapılmıştır. Eklembacaklıların miktar ve çeşitliliğinin; mevsim ve yükseltiye bağlı değişimleri değerlendirilerek, beslenme tiplerine dağılımları ve biyolojik çeşitlilikleri de saptanmıştır. Çalışma sonucunda, eklembacaklıların mevsimlere göre dağılımında en fazla birey yaz mevsiminde (7576 birey/m²), yükseltiye bağlı dağılımında ise en fazla birey 1200 m yükseltide (7854 birey/m²) bulunmuştur. Ortalama Shannon-Wiener İndeksi (H')=2,22 ve Taksonomik Zenginlik (S')=22 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çukur tuzak, Collembola, CCA, biyolojik çeşitlilik, beslenme seviyesi

Cite (Atıf) : Duyar, A., Makineci, E., 2016. The seasonal variation of arthropods living on forest soil at different altitudes in fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*) ecosystem in Bolu-Aladağ. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(2): 572-586. DOI: [10.17099/jffiu.06075](http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.06075)



1.GİRİŞ

Orman toprağı, üzerini kaplayan ölü örtü ile birlikte, biyolojik çeşitliliğin en önemli kaynaklarından birini temsil etmektedir. Bakteri ve mantar gibi ayrıştırıcılar dışında, protozodan nematoda, mikroskopik akarlardan küçük memelilere kadar değişik boyutlarda hayvan çeşitliliğini barındırmaktadır (Battigelli ve Berch, 2002). Toprak ekosisteminde, eklembacaklıların oluşturduğu besin zinciri, makrofaunanın da dâhil olduğu besin ağının önemli bir parçasıdır. Tamamı heterotrof beslenen bu canlılar, çok çeşitli trofik (besin zinciri) seviyelerinde yer almaktadırlar. Başlıca trofik seviye grupları; canlı bitkilerle beslenen otçullar, ölü bitki ve hayvan kalıntıları ile beslenen çürükçüller, her çeşit besin maddesi ile beslenen hepçiller ve diğer hayvanları avlayarak beslenen yırtıcılar (Crossley, 1977). Toprak faunası içerisindeki eklembacaklılar, ölü örtünün ayrışması, ayrıştırıcıların kontrolü, besin döngüsü, biyolojik çeşitliliğe katkısı gibi ekosistem süreçlerinde önemli görevlere sahiptirler (Faber ve van Wensem, 2012). Ayrıca, sürdürülebilir orman yönetimi açısından çok büyük öneme sahiptirler (Kelly ve Samways, 2003). Bu temel fonksiyonlarının yanında iyi bir toprak kalite düzenleyicisidirler (Sackett ve ark., 2010).

Toprak eklembacaklıları, toprak ve ölü örtü içerisinde yaşayan küçük boyutlu hayvanlardır (Swift ve ark., 1979). Bir kısmı orman zemini üzerinde yaşarken, bir kısmı da ölü örtü ve toprak içerisindeki mevcut boşluk ve gözenekler içerisinde barınarak yaşamaktadırlar (Lavelle ve Spain, 2001). Yükselti, arazi yapısı, bakı ve eğim gibi fizyografik faktörler; sıcaklık, nem ve yağış miktarı gibi iklim değişkenleri; habitat yapısı, ölü örtü miktarı ve toprak besin maddeleri gibi yaşama ortamına ait değişkenlerin farklılığı eklembacaklıların miktar ve çeşitliliğini etkilemektedir (Townsend ve ark., 2008).

Bu çalışmada, Bolu-Aladağ'da Ülkemizin önemli orman ağacı türlerinden olan, Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) ekosistemindeki ölü örtü üzerinde yaşayan toprak eklembacaklılarının dört farklı yükseltide (1200 m, 1400 m, 1550 m ve 1600 m) mevsimsel değişiminin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma alanında göknaarın tam kapalılıkta saf meşcereler kurduğu tüm yükselti basamakları, çalışmaya konu edilmiştir. Bu nedenlerle, aşağıdaki hipotezler (H₀) test edilmiştir:

- Eklembacaklıların miktarı ve çeşitliliği, mevsimlere ve yükselti basamaklarına göre değişmemektedir.
- Eklembacaklıların beslenme tiplerine dağılımları, mevsimlere ve yükselti basamaklarına göre değişmemektedir.

Bu hipotezleri test etmek için, dört farklı yükselti basamağında üçer adet örnek alan oluşturulmuş, her mevsimde bir defa olmak üzere, dört mevsim örnekleme yapılmıştır. Örnek alanlardan elde edilen verilerle eklembacaklıların çeşitliliği, miktarı ve toplum yapıları belirlenmiş; mevsim ve yükseltiye bağlı değişimleri ortaya konmuştur.

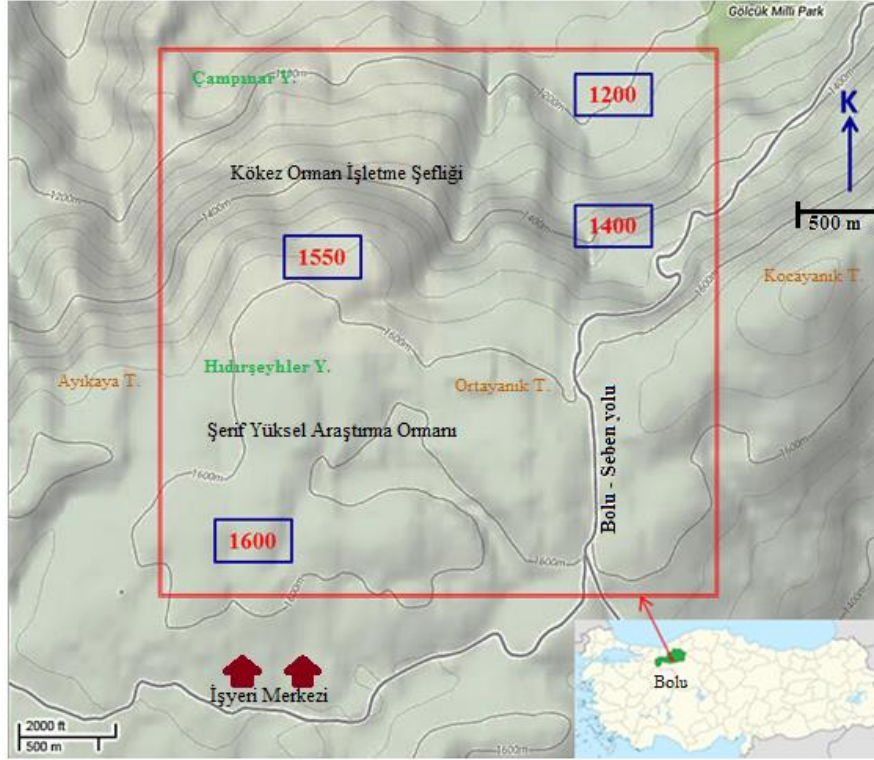
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın yapıldığı araştırma alanının tanıtımı ile birlikte yetişme ortamı özelliklerine ait genel bilgiler ve araştırmanın yürütülmesinde kullanılan; arazi çalışmaları kapsamındaki örnekleme yöntemleri, laboratuvarında uygulanan çalışmalar ile elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler aşağıda ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

2.1 Araştırma Alanının Genel Tanıtımı

Araştırma, Bolu il merkezinin güneyinde ve doğu – batı doğrultusunda uzanan Aladağ kütesinde 1200-1600 m yükselti arasında bulunan saf göknaar (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) ormanlarında yapılmıştır. Çalışma alanı 31°35'33" - 31°37'40" doğu boylamları ve 40°37'05" - 40°39'36" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil / Figure 1).

Araştırma alanı esas itibarıyla bir andezit masifidir. Genel olarak, toprak tipi boz esmer orman toprağıdır (Kantarıcı, 1979). Ölü örtü tipi yaprak, çürüntü ve humus tabakalarının tümünü içeren çürüntülü muldur. Örnek alanlarda ölü örtünün ortalama miktarı 4664 g/m^2 'dir. Üst mineral toprakta (0–5 cm) ortalama taşlılık %26, toprak hacim ağırlığı ise 474 g/l 'dir. Toprakların kil içeriği, yükselti ile birlikte artarken (%18-24), toprağın pH değeri yükselti ile birlikte azalma eğiliminde (5,4-6,0 pH) olup, toprak hafif asitlikten orta asitliğe dönüşmektedir. Araştırma alanında seçilen örnek alanların genel meşcere özellikleri Tablo / Table 1'de verilmiştir (Duyar, 2014). Ortalama göğüs çapı, göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı, göknar meşcerelerinin yapısını ve kuruluşlarını yansıtan önemli meşcere özellikleridir (Özdemir, 2014).



Şekil 1. Çalışma alanı haritası
Figure 1. The map of research area

Bolu meteoroloji istasyonundan (742 m) sağlanan uzun süreli (1960 – 2012) gözlem ve ölçüm verilerine göre en sıcak ($>16 \text{ }^\circ\text{C}$) dönem 6. – 9. aylardır ve aynı şekilde, yağış 7. – 9. aylarda en azdır (Duyar, 2014).

Tablo 1. Yükselti basamaklarına ait meşcere özellikleri (ort±std. sapma)
Table 1. Stand characteristics at different altitudes (mean±std. deviation)

Yükseltiler (m)	Ortalama Göğüs Yüksekliğindeki Çap (cm)	Göğüs Yüzeyi (m^2/ha)	Tepe Genişliği (m)	Ortalama Boy (m)	Üst Boy (m)	Ağaç Sayısı (adet/ha)
1200	26±15 a	43±12 a	4±0,3 a	15±7 a	23±5 a	617±76 a
1400	40±23 c	55±2 ab	6±0,8 b	21±11 b	32±3 a	367±80 a
1550	38±19 bc	53±3 ab	6±0,3 ab	21±9 b	30±5 a	408±38 a
1600	33±15 b	64±5 b	5±0,9 a	22±6 b	29±2 a	608±201 a
Ort.	34	54	5	20	29	500
P	0,000	0,029	0,049	0,000	0,069	0,058

Aynı sütunda aynı harf taşıyan değerler arasında istatistiksel önemli ($P<0,05$) fark yoktur.

2.2 Uygulanan Yöntemler

2.2.1 Örnek Alanların Seçimi, Örneklemeye Takvimi ve Örnek Sayısı

Örnek alanlar 1200 m, 1400 m, 1550 m ve 1600 m olmak üzere dört farklı yükselti basamağında, üç tekrarlı olarak seçilmiştir. Örneklemeler, 2010 yılı Şubat (kış), Mayıs (bahar), Ağustos (yaz) ve Kasım (güz) aylarında olmak üzere dört mevsim gerçekleştirilmiştir. Ancak, zeminin karlı olduğu kış şartlarında uygulanan çukur tuzaklarda hiçbir canlı örneklenememiştir. Bu nedenle kış mevsimi değerlendirmeye dâhil edilememiştir.

2.2.2 Eklembacıkların Araziden Örneklenmesi

Orman zemini üzerinde yaşayan ve hareket eden eklembacıkları, toplamak ve çeşitliliklerini izlemek için kullanılan en uygun örneklemeye tekniği çukur tuzaklardır (Paulson, 2005). Çukur tuzaklarla yakalanan, tüm eklembacıklar (makro ve mikro) tasnif edilerek değerlendirmeye alınmıştır (Ojala ve Huhta, 2001).

Her bir örnek alanda, merkez olarak belirlenen bir ağacın etrafında 4 m mesafede üçgen oluşturacak şekilde çukurlar kazılmıştır. Bu çukurların içerisine, ağız çapı 10 cm, derinliği 8 cm olan etiketli plastik kaplar, ağız ölü örtü seviyesinin hizasında kalacak şekilde yerleştirilmiştir (Medianero ve ark., 2007). İçerisine düşen canlıların vücut yapılarına zarar vermeden toplamak için %70 etil alkol, %2 gliserin karışımı konulmuştur (Coleman ve ark., 2004). Küçük memelilerin düşmesini ve üstten yabancı madde girişini engellemek için kapların üzerlerine 20x20 cm ölçülerinde ve zeminden 3 cm yukarıda kalmasını sağlayacak ayakları olan birer kontrplak çatı konulmuştur (Şekil / Figure 2) (Medianero ve ark., 2007). Kaplar 24 saat sonra toplanarak, ağızları kapalı halde laboratuvara sevk edilmiştir (Coleman ve ark., 2004).



Şekil 2. Araştırmada kullanılan çukur tuzaklar (Foto: Ahmet DUYAR).
Figure 2. Pitfall traps were used in the research

2.2.3 Eklembacıklı Taksonlarının Teşhisi ve Sınıflandırılması

Çukur tuzaklardan elde edilen eklembacıkların teşhis, tasnif ve sayımları laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Eklembacıkların bir kısmı çıplak gözle tanımlanamayacak kadar küçük oldukları için, 10x – 160x büyütme, stereo binoküler mikroskop (Leica S8 APO) kullanılarak teşhis ve tasnif edilmiş ve sayılmıştır (Salmon ve ark., 2006). Sınıflandırma, alttakım ve familya seviyesinde, fonksiyonel gruplar esas alınarak yapılmıştır (Santos ve ark., 2007). Ancak nadir bulunan taksonlar, takım veya sınıf düzeyinde değerlendirmeye alınmıştır.

Eklembacaklıların sınıflandırmasında, teşhis anahtarı olarak Dindal (1990), Moldenke ve ark., (1988), Meyer (1994) ve Bei-Bienko ve ark., (1967)'nin kitapları kullanılmıştır.

2.3. Değerlendirme Yöntemi ve İstatistik

Örneklerden elde edilen eklembacaklı miktarı birey/m² olarak değerlendirmeye alınmıştır (Wiwatwitaya ve Takeda, 2005). İstatistiksel analizler SPSS istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, değişkenler arasında korelasyon analizi yapılarak önemli (P<0,05) ilişkiler belirlenmiştir. Mevsim ve yükselti bağımsız değişkenlerine bağlı değişim gösteren verilerin arasındaki farklar, varyans analizi ile belirlenmiş, anlamlı (P<0,05) farklara Duncan testi uygulanmıştır. Eklembacaklıların mevsim ve yükselti özelliklerine göre dağılımlarının belirlenmesi için ordinasyon tekniğine dayalı (Canonical Correspondence Analysis = Kanonik Uyum Analizi) CCA kullanılmıştır (Lepš ve Šmilauer, 2003; Özkan ve ark., 2010).

Ayrıca örnek alanlardan elde edilmiş toprak eklembacaklılarının biyolojik çeşitliliğini ortaya koymak için; Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi (H') (Denklem / Equation 1) ve takson sayısını ifade eden taksonomik zenginlik (S') (Gülsoy ve Özkan, 2008) kullanılmıştır.

Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi (H');

$$H' = -\sum p_i \ln(p_i) \quad (1)$$

Burada;

p_i: i'ninci türün birey sayısının toplam birey sayısına oranını,

ln: doğal logaritma tabanını göstermektedir.

3.BULGULAR

3.1.Orman Zemininde Yaşayan Eklembacaklıların Mevsim ve Yükseltiye Bağlı Değişimi

Belirlenen canlılar içerisinde, Crossley ve Coleman (1999)'a ait boyut sınıflandırmasında göre makroeklembacaklılar grubu; Araneae, Opiliones, Pseudoscorpionida, Chilopoda, Diplopoda, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera ve Tomoceridae taksonlarını içermektedir.

Araştırma boyunca, 144 örnekten toplam 5535 adet mikro ve makro toprak eklembacaklısı elde edilmiştir. Bunlar 6 sınıfa bağlı 22 takıma ait 62 farklı takson olarak belirlenmiştir. Az sayıda ve nadir bulunan taksonlar bağlı buldukları sınıf veya takım adı altında birleştirilerek ifade edilmişlerdir. Akar (Acarina) taksonları da alttakım seviyesinde değerlendirmeye alınmıştır. Bu taksonların miktarları, yıl içerisinde mevsim ve yükselti basamaklarına göre farklılıklar göstermiştir. Eklembacaklılar topluluğu içerisinde Collembola %48, Insecta %26 ve Acarina %19 en baskın grupları oluşturmaktadır.

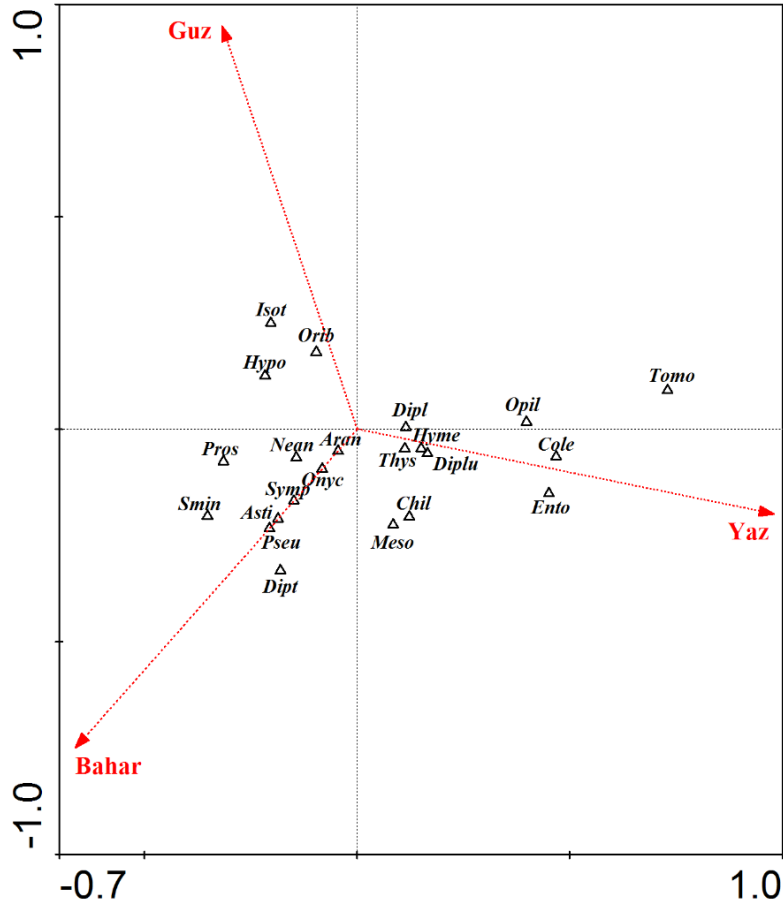
Tablo / Table 2'deki korelasyon tablosu ile Şekil / Figure 3 ve Şekil / Figure 4'deki CCA grafiklerinden yararlanılarak, eklembacaklıların mevsim, yükselti ve diğer taksonlarla ilişkileri belirlenmiştir.

CCA analizi sonucunda mevsimler ve canlılar arasındaki varyansın eksenler tarafından açıklanan birikimli oranları; ilk ekseninde %70,5 ve ikinci ekseninde %100'dür.

Tablo 2. Eklembacaklıların mevsim ve yükselti ile korelasyonu (n=108)
Table 2. Correlation of arthropods with altitude and season (n=108)

	Mevs	Yüks	Aran	Opil	Pseu	Meso	Orib	Asti	Pros	Chil	Dipl	Symp	Dipt	Cole	Hyme	Thys	Nean	Onyc	Hypo	Ento	Isot	Tomo	Smin	Diplu
Aran	,000	-,264*	1	-,149	-,122	-,173	,210	-,015	,089	,041	,026	,126	,051	,010	,031	-,140	-,096	-,041	,102	,116	,150	-,040	,157	,174
Opil	,033	,340**	-,149	1	,076	,170	-,102	,023	-,195	,058	-,050	,023	,180	,513**	,009	-,069	-,050	-,044	-,108	-,132	-,054	,168	-,132	,091
Pseu	-,314**	-,060	-,122	,076	1	,141	,033	,411**	-,021	-,085	-,111	-,029	,134	-,083	,196	-,055	,012	,221*	-,091	,052	-,088	-,187	,266*	-,123
Meso	-,150	,042	-,173	,170	,141	1	,018	,136	-,045	,118	,082	-,073	,131	,230*	,105	-,030	,143	,011	-,001	,132	-,124	,129	,021	-,054
Orib	,244*	-,483**	,210	-,102	,033	,018	1	-,009	,254*	-,103	-,007	-,010	,024	-,046	,086	-,005	,106	-,044	,327**	,029	,362**	-,161	,360**	-,025
Asti	-,225*	-,139	-,015	,023	,411**	,136	-,009	1	-,014	-,084	-,059	-,028	-,051	-,104	,239*	-,054	,257*	,436**	,015	,135	,031	-,194	,394**	-,036
Pros	-,060	-,172	,089	-,195	-,021	-,045	,254*	-,014	1	-,146	,167	-,063	,024	-,247*	,034	-,063	-,014	-,058	,189	-,076	,247*	-,242*	,303**	-,033
Chil	-,188	,154	,041	,058	-,085	,118	-,103	-,084	-,146	1	-,144	-,037	,346**	,397**	-,110	-,071	-,034	,205	-,101	-,048	-,067	,025	,004	-,065
Dipl	,033	-,176	,026	-,050	-,111	,082	-,007	-,059	,167	-,144	1	-,048	-,183	-,057	,095	-,092	-,052	-,085	,007	,241*	,042	,077	-,077	,244*
Symp	-,137	,130	,126	,023	-,029	-,073	-,010	-,028	-,063	-,037	-,048	1	,132	-,085	-,066	-,024	-,022	-,022	-,050	-,033	-,006	-,090	,020	-,054
Dipt	-,403**	,160	,051	,180	,134	,131	,024	-,051	,024	,346**	-,183	,132	1	,276*	,024	-,030	,005	-,056	,106	-,205	,082	-,157	,052	,027
Cole	-,012	,273*	,010	,513**	-,083	,230*	-,046	-,104	-,247*	,397**	-,057	-,085	,276*	1	,033	-,148	-,046	,010	-,085	-,081	-,060	,380**	-,194	,094
Hyme	-,145	-,469**	,031	,009	,196	,105	,086	,239*	,034	-,110	,095	-,066	,024	,033	1	,275*	-,005	,105	-,009	,329**	-,018	,129	,066	-,026
Thys	,000	-,124	-,140	-,069	-,055	-,030	-,005	-,054	-,063	-,071	-,092	-,024	-,030	-,148	,275*	1	,016	-,042	-,029	,193	-,092	-,002	-,055	-,102
Nean	-,092	,044	-,096	-,050	,012	,143	,106	,257*	-,014	-,034	-,052	-,022	,005	-,046	-,005	,016	1	,041	,674**	-,069	,098	-,143	,087	-,094
Onyc	-,160	,000	-,041	-,044	,221*	,011	-,044	,436**	-,058	,205	-,085	-,022	-,056	,010	,105	-,042	,041	1	-,058	,094	-,105	-,082	,264*	-,094
Hypo	,092	-,169	,102	-,108	-,091	-,001	,327**	,015	,189	-,101	,007	-,050	,106	-,085	-,009	-,029	,674**	-,058	1	-,074	,374**	-,214	,194	-,077
Ento	,000	-,461**	,116	-,132	,052	,132	,029	,135	-,076	-,048	,241*	-,033	-,205	-,081	,329**	,193	-,069	,094	-,074	1	-,066	,525**	,004	,067
Isot	,212	-,175	,150	-,054	-,088	-,124	,362**	,031	,247*	-,067	,042	-,006	,082	-,060	-,018	-,092	,098	-,105	,374**	-,066	1	-,238*	,153	-,059
Tomo	,188	-,055	-,040	,168	-,187	,129	-,161	-,194	-,242*	,025	,077	-,090	-,157	,380**	,129	-,002	-,143	-,082	-,214	,525**	-,238*	1	-,326**	,057
Smin	-,207	-,402**	,157	-,132	,266*	,021	,360**	,394**	,303**	,004	-,077	,020	,052	-,194	,066	-,055	,087	,264*	,194	,004	,153	-,326**	1	-,095
Diplu	-,028	,072	,174	,091	-,123	-,054	-,025	-,036	-,033	-,065	,244*	-,054	,027	,094	-,026	-,102	-,094	-,094	-,077	,067	-,059	,057	0,095	1,000

* (P<0,05) ve ** (P<0,01) önem düzeyinde korelasyonu göstermektedir.

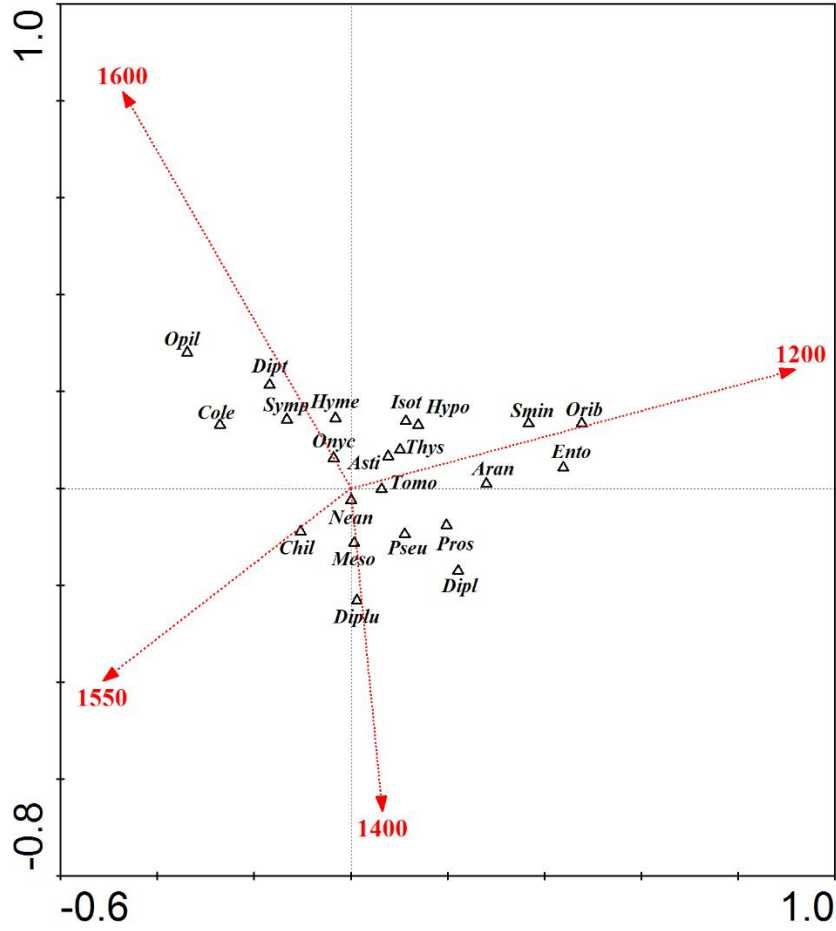


Şekil 3. Orman zemininde yaşayan eklembacaklıların mevsime bağlı CCA grafiği
Figure 3. Seasonal CCA graph of arthropods living on forest floor

Şekil / Figure 3'deki CCA analiz grafiği ve Tablo / Table 3 birlikte değerlendirildiğinde, taksonların bazı mevsimlerde daha fazla üredikleri ve o dönemde daha fazla miktarda buldukları görülmektedir. Pseudoscorpionida, Astigmata, Symphyla, Diptera, Neanuridae ve Sminthuridae taksonları bahar mevsiminde, Opiliones, Diplopoda, Coleoptera, Hymenoptera, Thysenoptera, Entomobryidae, Tomoceridae ve Diplura taksonları yaz mevsiminde ve Oribatida, Hypogastruridae ve Isotomidae taksonları da güz mevsiminde daha fazla miktarda bulunmaktadır.

Yükseltiye göre uygulanan CCA analizi sonucunda ise yükselti ve canlılar arasındaki varyansın eksenler tarafından açıklanan birikimli oranları; ilk ekseninde % 73,8, ikinci ekseninde % 97,2 ve üçüncü ekseninde % 100 olarak belirlenmiştir.

Şekil / Figure 4'deki CCA grafiği ve Tablo / Table 4 birlikte değerlendirildiğinde; Araneae, Oribatida, Entomobryidae ve Sminthuridae taksonları 1200 m yükseklikte, Diplura taksonları 1400 m, Chilopoda 1550 m, Opiliones, Symphyla, Diptera, Hymenoptera ve Protura 1600 metre yükselti basamaklarında en fazla miktarda bulunmuşlardır.



Şekil 4. Orman zemininde yaşayan eklembacaklıların yükseltiye bağlı CCA grafiği
Figure 4. Altitudinal CCA graph of arthropods living on forest floor

Eklembacaklıların mevsimlere göre dağılımında en fazla birey yaz mevsiminde (7576 birey/m²), en az birey ise güz mevsiminde (4469 birey/m²) belirlenmiştir (Tablo / Table 3). Yükseltiye bağlı dağılımında ise en fazla birey 1200 m yükseltide (7854 birey/m²), en az birey de 1550 m yükseltide (4502 birey/m²) ortaya çıkmıştır (Tablo / Table 4).

Arachnida sınıfının Araneae ve Opiliones takımlarına ait bireylerin yükselti basamaklarına dağılımında, farklılıklar bulunmuştur. Araneae bireyleri 1200 m yükseltide en fazla miktarda bulunmuş olup, yükseltiyle birlikte miktarlarında azalma eğilimi görülmüştür. Opiliones bireyleri ise yükseltiyle birlikte artış göstererek 1200 m yükseltide 93 birey/m² den, 1600 m yükseltide ise 591 birey/m² ye ulaşmıştır (Tablo / Table 4). Arachnida sınıfının Opiliones ve Pseudoscorpionida takımları mevsimlerden etkilenmektedir. Opiliones en fazla yaz mevsiminde bulunurken, Pseudoscorpionida sadece bahar mevsiminde tespit edilmiştir (Tablo / Table 3).

Tablo 3. Orman zemininde yaşayan eklembacaklıların mevsimsel değişimi
Table 3. Seasonal changes of arthropods living on forest floor

Sınıf/ Takım	Takım/ Alttakım/ Familya	Takson Kod Adı	BAHAR		YAZ		GÜZ		P	
			birey/m ²	%	birey/m ²	%	birey/m ²	%		
Arachnida	Araneae	Aran	107	1,9	90	1,2	90	2,0	0,783	
	Opiliones	Opil	107a	1,9	533b	7,0	213a	4,8	0,000	
	P.scorpionida	P.sc	17b	0,3	0	0,0	0	0,0	0,005	
	Mesostigmata	Meso	253b	4,4	260b	3,4	100a	2,2	0,044	
	Oribatida	Orib	630	11,0	540	7,1	1053	23,6	0,104	
	Astigmata	Asti	47b	0,8	3a	0,0	3a	0,1	0,013	
	Prostigmata	Pros	127b	2,2	17a	0,2	80b	1,8	0,003	
Chilopoda	Chilopoda	Chil	23ab	0,4	30b	0,4	0a	0,0	0,045	
Diplopoda	Diplopoda	Dipl	13	0,2	27	0,4	17	0,4	0,499	
Symphyla	Symphyla	Symp	13	0,2	0	0,0	0	0,0	0,065	
	Insecta	Diptera	Dipt	1537b	27,0	527a	7,0	217a	4,9	0,000
		Coleoptera	Cole	327a	5,7	843b	11,2	363a	8,1	0,000
		Hymenoptera	Hyme	110	1,9	757	10,0	37	0,8	0,268
		Thysanoptera	Thys	10	0,2	23	0,3	7	0,2	0,462
Collembola	Neanurinae	Nean	33	0,6	0	0,0	13	0,3	0,264	
	Onychiuridae	Onyc	10	0,2	3	0,0	3	0,1	0,440	
	Hypogastruridae	Hypo	133ab	2,3	37a	0,5	180b	4,0	0,034	
	Entomobryidae	Ento	1387a	24,2	2623b	34,7	1197a	26,8	0,000	
	Isotomidae	Isot	123a	2,2	57a	0,8	243b	5,4	0,003	
	Tomoceridae	Tomo	23a	0,4	1067c	14,2	363b	8,1	0,000	
Diplura	Sminthuridae	Smin	663b	11,6	83a	1,1	270a	6,0	0,000	
	Diplura	Diplu	20	0,4	40	0,5	17	0,4	0,197	
TOPLAM			5723	100	7576	100	4469	100		

Satırlarda aynı harf taşıyan değerler arasında istatistiksel önemli ($P < 0,05$) fark yoktur.

Oribatida takımının yükselti basamaklarına dağılımı istatistiksel olarak önemli ($P < 0,001$) fark göstermekte ve 1200 m yükseltide diğer yükseltilere oranla çok daha fazla birey içermektedir (Tablo / Table 4). Astigmata ($P=0,013$), Prostigmata ($P=0,003$) ve Mesostigmata ($P=0,044$) takımlarına ait bireylerin mevsimsel değişiminde de istatistiksel önemli farklılıklar bulunmuş olup, Astigmata bireyleri baharda, Mesostigmata bireyleri bahar ve yaz mevsiminde, Prostigmata ise ilkbahar ve güz mevsiminde en fazla miktarda bulunmuştur (Tablo / Table 3).

Diptera ve Coleoptera takımlarına ait bireylerin mevsimsel değişimi önemli farklı olup, Diptera bireyleri baharda Coleoptera bireyleri ise yaz mevsiminde en fazla miktarda bulunmuştur (Tablo / Table 3). Diptera ve Coleoptera takımlarına ait bireylerin yükselti basamaklarına dağılımında ise her iki takımın birey sayısında da yükseltiyle birlikte önemli artış olduğu görülmüştür (Tablo / Table 4).

Hypogastruridae, Entomobryidae, Isotomidae, Tomoceridae ve Sminthuridae familyalarının mevsimsel değişiminde farklılık bulunmaktadır. Hypogastruridae ve Isotomidae güz, Entomobryidae ve Tomoceridae yaz, Sminthuridae bireyleri ise en fazla bahar mevsiminde tespit edilmiştir (Tablo / Table 3). Entomobryidae ve Sminthuridae familyalarının yükselti ile değişimlerinde, en fazla birey sayısı 1200 m yükseltide belirlenmiştir (Tablo / Table 4).

Tablo 4. Orman zemininde yaşayan eklembacaklıların yükseltiye bağlı değişimi
Table 4. Altitudinal changes of arthropods living on forest floor

Taksonlar	1200 m		1400 m		1550 m		1600 m		P
	birey/m ²	%	birey/m ²	%	birey/m ²	%	birey/m ²	%	
Araneae	151b	1,9	89a	1,9	76a	1,7	67a	1,0	0,030
Opiliones	93a	1,2	120ab	2,6	333b	7,4	591c	8,8	0,000
P.scorpionida	9	0,1	9	0,2	4	0,1	0	0,0	0,521
Mesostigmata	191	2,4	249	5,4	222	4,9	156	2,3	0,718
Oribatida	1671b	21,3	533a	11,6	280a	6,2	480a	7,2	0,000
Astigmata	27	0,3	18	0,4	4	0,1	22	0,3	0,711
Prostigmata	107	1,4	107	2,3	40	0,9	44	0,7	0,124
Chilopoda	9	0,1	18	0,4	31	0,7	13	0,2	0,469
Diplopoda	27ab	0,3	44b	1,0	0a	0,0	4a	0,1	0,002
Symphyla	0	0,0	0	0,0	4	0,1	13	0,2	0,257
Diptera	511a	6,5	329a	7,1	800ab	17,7	1400b	20,9	0,045
Coleoptera	360a	4,6	333a	7,2	676b	15,0	676b	10,1	0,007
Hymenoptera	276	3,5	62	1,3	40	0,9	827	12,4	0,473
Thysanoptera	27	0,3	4	0,1	9	0,2	13	0,2	0,562
Neanurinae	22	0,3	0	0,0	36	0,8	4	0,1	0,413
Onychiuridae	4	0,1	4	0,1	4	0,1	9	0,1	0,894
Hypogastruridae	196	2,5	53	1,1	98	2,2	120	1,8	0,173
Entomobryidae	2649c	33,8	1831b	39,6	1080a	23,9	1382ab	20,8	0,000
Isotomidae	200	2,6	102	2,2	98	2,2	164	2,5	0,332
Tomoceridae	551	7,0	471	10,2	471	10,5	444	6,6	0,923
Sminthuridae	751b	9,6	196a	4,2	169a	3,8	240a	3,6	0,000
Diplura	18	0,2	49	1,1	27	0,6	9	0,1	0,077
TOPLAM	7854	100	4648	100	4502	100	6687	100	

Satırlarda aynı harf taşıyan değerler arasında istatistiksel önemli ($P<0,05$) fark yoktur.

3.2. Eklem bacaklıların Beslenme Tiplerine Dağılımı

Trofik seviyeler, canlıların besin zinciri veya besin ağı içindeki beslenme tipleridir. Gök nar ekosistemindeki toprak eklem bacaklıları topluluklarını oluşturan bireyler çürükçüller, hepçiller ve yırtıcılar olarak üç beslenme tipi halinde tasnif edilmiştir. Orman zemini üzerinde yaşayan eklem bacaklıların sayıca en fazlası çürükçüllerden (% 60) oluşurken, yırtıcılar (% 26) ve hepçiller (% 14) daha az yaygındır (Tablo / Table 5 ve 6). Mevsimsel değişimin eklem bacaklıların beslenme tipleri üzerinde etkisi incelendiğinde; tüm beslenme gruplarının, mevsimsel değişimden önemli ($P<0,05$) seviyede etkilendiği görülmektedir. Yırtıcı ve çürükçüller yaz mevsiminde, hepçiller ise bahar mevsiminde en yüksek sayıya ulaşmışlardır (Tablo / Table 5).

Tablo 5. Eklem bacaklılarının mevsime bağlı olarak beslenme tiplerine dağılımı
Table 5. Seasonal distribution of arthropods according to trophic levels

Beslenme tipi	Bahar		Yaz		Güz		P
	Birey/m ²	%	Birey/m ²	%	Birey/m ²	%	
Yırtıcı	1070a	19	2530b	33	883a	20	0,004
Hepçil	1580b	28	590a	8	240a	5	0,000
Çürükçül	3067a	53	4443b	59	3343a	75	0,024

Satırlarda aynı harf taşıyan değerler arasında istatistiksel önemli ($P<0,05$) fark yoktur.

Yükseltinin değişimi çürükçüller dışındaki eklembacaklıların miktarları üzerinde önemli etki göstermemiştir. Çürükçüller ise yükselti ile ters orantılıdır (Tablo / Table 6).

Tablo 6. Eklembacaklılarının yükseltiye bağlı olarak beslenme tiplerine dağılımı
Table 6. Altitudinal distribution of arthropods according to trophic levels

Beslenme tipi	1200m		1400m		1550m		1600m		P
	Birey/m ²	%	Birey/m ²	%	Birey/m ²	%	Birey/m ²	%	
Yırtıcı	1196a	15	987a	21	1422a	32	2373a	36	0,131
Hepçil	556a	7	382a	8	840a	19	1436a	22	0,052
Çürükçül	6098c	78	3253b	71	2240a	49	2880ab	43	0,000

Satırlarda aynı harfi taşıyan değerler arasında istatistiksel önemli (P<0,05) fark yoktur.

3.3. Eklembacaklıların Biyolojik Çeşitliliği

Göknar ekosisteminde, orman zemini üzerindeki toprak eklembacaklıları toplumlarının çeşitlilikleri, mevsim ve yükseltiye göre Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi (H') kullanılarak belirlenmiştir (Tablo / Table 7). Ayrıca toplumların taksonomik zenginlikleri (S') de tespit edilmiştir (Tablo / Table 8).

Tablo 7. Eklembacaklılara ait Shannon-Wiener İndeksi (H')
Table 7. Shannon-Wiener Index (H') values of arthropods

Mevsimler	Yükseltiler					P
	1200m	1400m	1550m	1600m	Ortalama	
Bahar	2,47 a B	2,66 a B	2,57 a A	2,22 a A	2,48	0,399
Yaz	1,87 a A	2,08 ab A	2,35 b A	1,87 a A	2,04	0,027
Güz	2,33 a B	2,09 a A	2,02 a A	2,16 a A	2,15	0,421
Ortalama	2,23	2,28	2,31	2,08	2,22	
P	0,011	0,049	0,090	0,487		

Aynı sütunda aynı büyük harfli satırlar ile aynı satırda aynı küçük harfli sütunlar önemli (P<0,05) farklı değildir.

Orman zemini üzerindeki eklembacaklıların çeşitliliğinde H' değerleri, mevsimler arasında sadece yaz mevsiminde yükselti arasında farklıdır. 1200 m yükseltide mevsimler arasında farklılık olup, yine yaz mevsiminde en düşük çeşitlilik ortaya çıkmıştır (Tablo / Table 7).

Eklembacaklıların taksonomik zenginliği (S'), ortalama değeri 22 bulunmuştur (Tablo / Table 8). Yaz ve güz mevsimlerinde yükselti arasında önemli farklılık olup, alt yükseltide (1200 ve 1400 m) üst yükseltilere (1550 ve 1600 m) kıyasla daha yüksek taksonomik zenginlik bulunmuştur. Yükselti içerisinde ise, 1550 ve 1600 m yükseltide, mevsimler arasında farklılıklar belirlenmiştir. Tüm yükseltide bahar mevsimi en yüksek taksonomik zenginlik (S'=27) içermektedir (Tablo / Table 8).

Tablo 8. Eklembacaklıların taksonomik zenginliği (S').
Table 8. Species Richness (S') of arthropods

Mevsimler	Yükselti (m)				Ortalama	P
	1200	1400	1550	1600		
Bahar	30 a A	25 a A	24 a C	27 a C	27	0,159
Yaz	22 ab A	25 b A	19 a B	19 a B	21	0,029
Güz	24 b A	17 a A	14 a A	13 a A	17	0,003
Ortalama	25	22	19	20	22	
P	0,053	0,051	0,001	0,000		

Aynı sütunda aynı büyük harfli satırlar ile aynı satırda aynı küçük harfli sütunlar önemli (P<0,05) farklı değildir.

4. TARTIŞMA

Çalışmamızda, mevsim ve yükselti değişimleri eklembacaklıların miktar ve çeşitliliğini etkilemiştir. Bu konuda yapılan farklı çalışmalarda elde edilen sonuçlar, genellikle bulgularımızla örtüşmektedir.

Toprak eklembacaklılarının mevsimsel dağılımında temel olarak toprak sıcaklığı ve toprak nemi arasındaki etkileşimler etkilidir (Liu ve Zhao, 2009). Eklembacaklıların mevsimsel değişimleri ile toprağın ekolojik şartlarındaki değişimler karşılaştırıldığında, genel olarak bir ilişki vardır (Salmane, 2000). Bununla birlikte, yükseltiye bağlı olarak çok geniş bir aralıkta meydana gelen iklimsel değişimler, eklembacaklı toplumlarının yapısını (taksonomik zenginlik gibi) (Sanders ve ark., 2010) değiştirebildiği gibi, belirli bir türün faaliyet oranını da etkileyebilmektedir (O'Donnell ve ark., 2007).

Keten ve diğ. (2015), Trakya'da meşe ormanlarında, çukur tuzaklar kullanarak yaptıkları çalışmada sırasıyla, en fazla Formicidae (% 71), Araneae (% 11) ve Collembola (% 7) taksonlarını belirlemiştir. Adkins ve Rieske (2013), ibreli ve yapraklı ormanlarda çukur tuzaklar kullanılarak toplanan toprak eklembacaklıları içerisinde en baskın grupları, ibreli ormanlarda % 56, yapraklı ormanlarda ise %48 oranla Insecta ikinci sırada ise sırasıyla % 17 ve % 25 oranlarıyla Collembola olarak belirlemiştir. Bulgularımıza benzer olarak, örneklerdeki birey sayılarının mevsimler arasında farklı olduğu, yazın en yüksek sayıya (67 birey/örnek) ulaştığı halde, sonbaharda azaldığı (17 birey/örnek) ifade edilmiştir.

Avustralya'da tropik yağmur ormanında yedi önemli eklembacaklı grubu, 200 m yükselti farkı ile oluşturulan, beş farklı yükselti basamağında, bir yıl boyunca mevsimsel olarak örneklenmiştir. Eklembacaklı miktarındaki belirgin mevsimsel değişimler, toplum gruplarındaki farklılığın bir kanıtı olarak belirtilmiştir. Kış mevsimi sonuçları diğer mevsimlerden farklıdır. Yükseltiye bağlı olarak sınırlı bir değişim tespit edilmekle beraber, yaz ve kış örneklemelerinde yükseltiye bağlı değişim en fazladır (Boulter ve ark., 2011).

Yükseltiye bağlı ekolojik değişimlerin sonucu olarak eklembacaklı miktar ve çeşitliliğinde, değişimler olması muhtemeldir. Fakat farklı taksonların bu değişimlere olası tepkisi farklı olabilmektedir. Örnek olarak, Coleoptera ve Diptera geniş yükselti basamaklarında bulunabilirken, Thysanoptera daha dar bir yükselti aralığından kaynaklanan özel iklim koşullarında bulunabilmektedir (Boulter ve ark., 2011). Bu dağılımlar organizmaların yaşam süreçlerine bağlı olabildiği gibi, davranış ve diğer organizmalarla değişen koşullar arasındaki, karşılıklı ilişkilerle de bağlantılıdır (Hodkinson, 2005).

Eklembacaklılarda sıcaklık, taksonların yükseltiye bağlı dağılımında, fizyolojik sınırlandırıcı görevini üstlenir (Clarke ve Gaston, 2006). Bu konuda diğer bir olasılık ise sıcaklığın besin maddesi kaynak varlığını değiştirmesidir. Örnek olarak, üst yükseltilere nazaran, alt yükseltelerde vejetasyon süresinin daha uzun olması; besin maddesi arama ve beslenme için çok daha uzun zaman sağlayabilecektir (Sanders ve ark., 2007).

Eklembacaklıların beslenme tiplerine dağılımlarında en yüksek oranı (% 60) çürükçüller oluştururken, yırtıcılar % 26 ve hepçiller %14 oranındadır. Adkins ve Rieske (2013) orman zemini üzerinden çukur tuzaklarla topladıkları canlıların beslenme tipi oranlarını çürükçüller % 51, hepçiller % 12, yırtıcılar % 26 ve otçullar % 11 olarak ifade etmişlerdir. Değerler bulgularımıza oldukça yakın bulunmuştur. Çakır (2013) ise meşe ormanında çukur tuzaklarda sadece makro eklembacaklıları değerlendirmiş ve çürükçülleri % 7, yırtıcıları % 49 ve hepçilleri % 38 oranında belirlemiştir. Bu farklılığın, hem yalnızca makroeklembacaklıların değerlendirilmesinden, hem de ağaç türü farklılığından kaynaklanabileceği ifade edilmektedir.

Çakır ve Makineci (2013), çalışmalarında toplam 22 farklı mikro ve makroeklembacaklı grubu tespit etmişlerdir. Mikroeklembacaklıların mevsimsel ortalama biyolojik çeşitlilik H' ve S' değerlerini çam meşçeresinde $H'= 0,79$; $S'= 8,0$; meşe meşçeresinde $H'= 0,93$; $S'= 8,0$; makroeklembacaklılar için de çam meşçeresinde $H'= 1,44$; $S'= 8,75$; meşe meşçeresinde $H'= 1,65$; $S'= 7,75$ olarak tespit etmişlerdir. Cassagne ve diğ. (2006) ise yarı doğal göknar ormanında $H'=3,41$ ve $S'= 38$, işletilen göknar ormanında ise $H'= 2,51$ $S'= 24$ olarak bulmuştur. Bizim çalışma alanımız da işletilen göknar ormanı olup, bulgularımızda da

belirtildiği üzere mevsim ve yükseltelerin ortalama biyolojik çeşitlilik H' ve S' değerleri $H'= 2,22$; $S'= 22$ olarak bulunmuştur. Bulgularımız, çam ve meşe meşcerelerine ait değerlerden (Çakır ve Makineci, 2013) uzak olmakla birlikte, işletilen göknar ormanına ait değerlere (Cassagne ve ark., 2006) oldukça yakın bulunmuştur.

5. SONUÇ

Yapılan bu çalışmanın sonucunda; göknar orman zemini üzerinde yaşayan 62 farklı eklembacaklı taksonu belirlenmiştir. Eklembacaklıların miktar ve çeşitliliği mevsimsel değişimler göstermektedir. En yüksek miktar yaz, en az miktar ise güz mevsiminde ortaya çıkmış olmakla beraber; biyolojik çeşitlilik H' indeksi yaz mevsiminde en küçüktür. Bu durum bazı baskın taksonların yaz mevsiminde sayısal açıdan artmasına rağmen bazı taksonlarınsa mevsim şartlarının etkisiyle ortamdan uzaklaştığını (takson fenolojisi, alt toprak katmanlarına göç vb.) işaret etmektedir. Eklembacaklıların yükseltiye bağlı dağılımlarında en çok birey 1200 m, en az birey de 1550 m yükseltide bulunmaktadır. Taksonomik zenginlik S' değeri de benzer şekilde 1200 m yükseltide en büyük, 1550 m yükseltide en küçük bulunmuştur. Bir yıllık bir süre içinde, üç mevsim ve dört yükselti basamağında örnek mahiyette yapılan bu çalışmada elde edilen bulgular; mevsim ve yükselti şartlarına göre değişmekle birlikte, göknar ormanlarımızda oldukça yüksek eklembacaklı çeşitliliği olduğunu göstermektedir. Diğer ağaç türleri altında da yapılacak benzer çalışmalar, ülkemiz biyolojik çeşitliliğine önemli katkılar sağlayabilecektir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu makale Orman Genel Müdürlüğü'nün "Uludağ Göknarı Ormanlarında, Ölü Örtü ve Toprak İçindeki Karbon Miktarının Tespiti (Bolu Yöresi Örneği)" isimli ve 08.6301/2007-2010-2014 numaralı Araştırma Projesinden yararlanılarak hazırlanmıştır. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programı'nda 2014 yılında Dr. Ahmet Duyar tarafından ve Prof. Dr. Ender Makineci danışmanlığında hazırlanan "Toprak Eklembacaklılarının (Arthropoda) Bolu-Aladağ Göknar (*Abies bornmulleriana* Mattf.) Ekosistemindeki Mevsimsel Değişimi" isimli doktora tezinin sahalarında eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Adkins, J. K., Rieske, L. K., 2013. Loss of a foundation forest species due to an exotic invader impacts terrestrial arthropod communities. *Forest Ecology and Management* 295: 126-135.
- Battigelli, J., Berch, S., 2002. Soil fauna in the Sub-Boreal Spruce (SBS) installations of the Long-Term Soil Productivity (LTSP) study of central British Columbia: One-year results for soil mesofauna and macrofauna. *British Columbia Ministry of Forests Note*.
- Bei-Bienko, G.Y., Blagoveshchenskii, D.I., Chernova, O.A., Datsig, E.M., Emel'yanov, A.F., Kerzhner, I.M., Loginova, M.M., Martynova, E.F., 1967. Keys to Insects of the European USSR. Akademiya Nauk, USSR.
- Boulter, S.L., Lambkin, C.L., Starick, N.T., 2011. Assessing the abundance of seven major arthropod groups along an altitudinal gradient and across seasons in subtropical rainforest. *Memoirs of the Queensland Museum* 55(2).
- Cassagne, N., Gauquelin, T., Bal-Serin, M.C., Gers, C., 2006. Endemic Collembola, privileged bioindicators of forest management. *Pedobiologia* 50(2): 127-134.
- Clarke, A., Gaston, K.J., 2006. Climate, energy and diversity. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences* 273: 2257 – 2266.
- Crossley, D.A., Coleman, D.C., 1999. Microarthropods. In: Sumner M.E., (ed.), Handbook of soil science, CRC Press, C-59 - C-65.
- Crossley Jr, D.A., 1977. The roles of terrestrial saprophagous arthropods in forest soils: current status of concepts. In: Mattson, W.J., (ed.), The role of arthropods in forest ecosystems, Springer Berlin Heidelberg, 49-56.

Çakır, M., 2013. Toprak Eklembacaklılarının, Kayın ve Meşe Ekosistemindeki Mevsimsel Değişimi ve Ölü Örtü Ayrışmasına Etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çakır, M., Makineci, E., 2013. Humus characteristics and seasonal changes of soil arthropod communities in a natural sessile oak (*Quercus petraea* L.) stand and adjacent Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) plantation. *Environmental Monitoring and Assessment* 185: 8943–8955.

Dindal, D.L., 1990. Soil Biology Guide. Wiley, New York.

Duyar, A., 2014. Toprak eklembacaklılarının (*Arthropoda*) Bolu-Aladağ göknar (*Abies bornmulleriana* Mattf.) ekosistemindeki mevsimsel değişimi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Faber, J.H., van Wensem, J., 2012. Elaborations on the use of the ecosystem services concept for application in ecological risk assessment for soils. *Science of The Total Environment* 415: 3–8.

Gülsoy, S., Özkan, K., 2008. Tür çeşitliliğinin ekolojik açıdan önemi ve kullanılan bazı indisler. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi* 1: 168-178.

Hodkinson, I.D., 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews* 80: 489-513.

Kantarci, M.D., 1979. Aladağ Kütesinin (Bolu) Kuzey Aklanındaki Uludağ Göknarı Ormanlarında Yükselti-İklim Kuşaklarına Göre Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özelliklerinin Analitik Olarak Araştırılması, İstanbul Üniversitesi. Yayın No, 2634, Orman Fakültesi Yayın No, 274, İstanbul.

Kelly, J.A., Samways, M.J., 2003. Diversity and conservation of forest-floor arthropods on a small Seychelles island. *Biodiversity Conservation* 12(9): 1793-1813.

Keten, A., Beşkardeş, V., Kumbaşlı, M., Makineci, E., Zengin, H., Özdemir, E., Yılmaz, E., Yılmaz, H., Çalışkan, S., Anderson, J., 2015. Arthropod diversity in pure oak forests of coppice origin in northern Thrace (Turkey), *Iforest-Biogeosciences and Forestry* 8: 615-623.

Lavelle, P., Spain, A.V., 2001. Soil Ecology (Vol. 711). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Lepš, J., Šmilauer, P., 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge University Press.

Liu, R.T., Zhao, H.L., 2009. Research progress and suggestion for study on soil animal in sandy grassland. *Journal of Desert Research* 29(4): 656–662.

Medianero, E., Castano-Meneses, G., Tishechkin, A., Basset, Y., Barrios, H., Odegaard, F., Cline, A.R., Bail, J., 2007. Influence of local illumination and plant composition on the spatial and seasonal distribution of litter-dwelling arthropods in a tropical rainforest. *Pedobiologia* 51(2): 131-145.

Meyer, J.R., 1994. Kwik-key to soil-dwelling invertebrates, Raleigh, NC, Vision Press.

Moldenke, A.R., 1994. Arthropods. In: Methods of soil analysis, Part 2, Microbiological and biochemical properties. SSSA Book Series No. 5. Madison, WI: Soil Science Society of America, 517-542.

O'Donnell, S.E.A.N., Lattke, J., Powell, S., Kaspari, M., 2007. Army ants in four forests: geographic variation in raid rates and species composition. *Journal of Animal Ecology* 76(3): 580-589.

Ojala, R., Huhta, V., 2001. Dispersal of microarthropods in forest soil. *Pedobiologia* 45(5): 443-450.

Özdemir, G.A., 2014. Karadeniz yöresi göknar meşcerelerinde aktüel kuruluşun optimal kuruluşu götürülmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 64(1): 51-66.

Özkan, K., Aertsens, W., Kint, V., Van Orshoven, J., Muys, B., 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling* 221(8): 1119-1130.

Paulson, G.S., 2005. Handbook to the construction and use of insect collection and rearing devices, Springer.

Sackett, T.E., Classen, A.T., Sanders, N.J., 2010. Linking soil food web structure to above and below-ground ecosystem processes: a meta-analysis. *Oikos* 119: 1984-1992.

Salmane, I., 2000. Investigation of the seasonal dynamics of soil Gamasina mites (Acari: Mesostigmata) in *Pinaceum myrtilosum*. Latvia, *Ecology (Bratislava)* 19: 245-252.

Sanders, N.J., Dunn, R.R., Fitzpatrick, M.C., Carlton, C.E., Pogue, M.R., Parker, C.R., Simons, T.R., 2010. 10 Diverse elevational diversity gradients in Great Smoky Mountains National Park, USA. In: Spehn, E.M., Korner, C., (ed.), CRC Pres, 75 – 87.

Sanders, N.J., Lessard, J.P., Fitzpatrick, M.C., Dunn, R.R., 2007. Temperature, but not productivity or geometry, predicts elevational diversity gradients in ants across spatial grains. *Global Ecology and Biogeography* 16(5): 640-649.

Santos, S.A.P., Cabanas, J.E., Pereira, J.A., 2007. Abundance and diversity of soil arthropods in olive grove ecosystem (Portugal): Effect of pitfall trap type. *European Journal of Soil Biology* 43: 77-83.

Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M., 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. (Vol. 5). University of California Press.

Townsend, A.R., Asner, G.P., Cleveland, C.C., 2008. The biogeochemical heterogeneity of tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution* 23(8): 424-431.

Wiwatwitaya, D., Takeda, H., 2005. Seasonal changes in soil arthropod abundance in the dry evergreen forest of north-east Thailand, with special reference to collembolan communities. *Ecological Research* 20: 59-70.