

Toros Göknarı ormanında yükselti boyunca toprak eklembacaklı komünitesindeki ve toprak biyolojik kalitesindeki değişim

Meriç Çakır^{a,*} , Muhammet Ali Özata^b 

Özet: Orman ekosistemlerindeki toprak eklembacaklıları (Arthropoda), ölüörtünün parçalanması ve ayrışması sürecinde, birincil ve ikincil tüketiciler olarak önemli rol almaktadır. Toprak ekosistemindeki eklembacaklıların miktarı, çeşitliliği ve komünite yapısı; yetiştirme ortamı özelliklerinin değişimine çok hızlı tepki vermektedir. Bu çalışmada, Toros Göknarı (*Abies cilicica* (Antoine & Kotschy) Carrière) ekosisteminde yaşayan toprak eklembacaklılarının farklı yükseltilerde mevsimsel değişimleri, çeşitlilikleri ve biyolojik toprak kalitesine olan etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma, Berçin Yaylası (Tomarza-Kayseri) saf göknar meşcerelerinde, 1600-1730 metre yükseltiler arasındaki (3 farklı yükseltide) yürütülmüştür. Ölü örtüden 10 cm çapında ve yüksekliğinde çelik silindir kullanılarak yapılan örnekleme kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde yapılmıştır. Eklembacaklıların, mevsimsel ve farklı yükseltilerdeki miktarları, çeşitlilikleri, trofik yapıları ve toprak biyolojik kalitesi (QBS) değerleri belirlenmiştir. Toprak biyolojik kalitesi eklembacaklılar kullanılarak belirlenirse QBS-ar, Collembola taksonu kullanılarak belirlenirse QBS-C olarak adlandırılır. Çalışma sonucunda, eklembacaklıların mevsimlere göre dağılımında en fazla birey yaz mevsiminde, yükseltiye bağlı dağılımında ise en fazla birey 1613 m yükseltide bulunmuştur. Yükseltiler arasında çeşitlilik indeksi bakımından fark bulunamamıştır. Toprak biyolojik kalitesi hem QBS-ar hem de QBS-C değeri yükselti ile azalmaktadır. Teşhis edilen Collembola türleri Kayseri/ Berçin Yaylası için yeni kayıt iken *Protaphorura microsellata* türü Türkiye için yeni kayıttır.

Anahtar kelimeler: Çeşitlilik, Abies, QBS, Toprak faunası, Yükselti

Changes in soil arthropod communities and soil biological quality along an elevation gradient in Taurus Fir forest

Abstract: Soil arthropods (Arthropoda) in forest ecosystems play an important role as primary and secondary consumers in the process of litter fragmentation and decomposition. Amount, diversity, and community structure of arthropods in the soil ecosystem reacts very quickly to changes in habitat characteristics. In this study, it was aimed to reveal the seasonal changes, diversity, and effects of soil biological quality of soil-dwelling arthropods in Taurus Fir (*Abies cilicica* (Antoine & Kotschy) Carrière) ecosystem at different altitudes. The study was carried out in pure fir stands between 1600-1730 meters (3 different altitudes) in Berçin highland (Tomarza-Kayseri) forests. Sampling made from the litter using a cylinder core 10 cm diameter and height was performed in winter, spring, summer, and autumn seasons. The amount, diversity, trophic structure, and soil biological quality (QBS) values of arthropods were determined in seasonal and different altitudes. QBS abbreviations for soil biological quality based on arthropod (arthropoda; QBS-ar) and Collembola (Collembola; QBS-C) communities. As a result of the study, in the distribution of arthropods according to the seasons, the highest number of individuals was found in summer, and in the distribution depending on altitude, the highest number of individuals was found at an altitude of 1613 m. No statistical difference was found between elevations in terms of diversity index. Soil biological quality both QBS-ar and QBS-C value decrease along an elevation gradient. Identified Collembola species are new records for Kayseri/ Berçin Highland while *Protaphorura microsellata* species are new records for Turkey.

Keywords: Diversity, Abies, QBS, Soil fauna, Elevation

1. Giriş

Toprak içerisinde veya hayatlarının büyük bölümünü toprağa bağımlı olarak yaşayan bütün canlılar toprak canlıları olarak adlandırılır. Toprak canlıları araştırma konusuna göre fonksiyonel, vücut boyutlarına göre ve toprakta bulunuşlarına göre üç kısımda sınıflandırılırlar (Çakır ve Makineci, 2011). En çok kullanılan sınıflandırma Swift vd. (1979) tarafından yapılan boyutsal sınıflandırmadır. Vücut boyutlarına göre sınıflandırılan toprak canlıları, boyutları < 100 µm olan toprak canlıları

mikroflora/mikrofauna, 100 µm ile 2 mm arasında olan toprak canlıları mezofauna ve boyutları > 2 mm olan toprak canlıları makro/megafauna olarak adlandırılarak üç gruba ayrılmaktadır. Çalışma konusunu oluşturan mezofaunanın (mikroeklembacaklılar), ana taksonları Acari, Collembola, Protura, Diplura, ve Symphla'dır. (Swift vd., 1979).

Acari, mezofauna içerisinde en fazla bulunan ve en fazla çeşitliliğe sahip taksondur (Krantz, 1978). Toprak içerisindeki boşluklarda ve ölüörtü katmanında yoğun olarak bulunurlar. Toprak içerisinde en fazla bulunan taksonları Oribatida, Astigmata, Mesostigmata ve

✉ ^a Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, 18200, Çankırı

^b Demir Karamancı Anadolu Lisesi, Melikgazi, Kayseri

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): mericcakir@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 26.10.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 21.12.2020



Citation (Atıf): Çakır, M., Özata, M.A., 2020. Toros Göknarı ormanında yükselti boyunca toprak eklembacaklı komünitesindeki ve toprak biyolojik kalitesindeki değişim. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 388-395. DOI: [10.18182/tjf.816354](https://doi.org/10.18182/tjf.816354)

Prostigmatadır (Çakır ve Makineci, 2013). Acari taksonu toprak besin ağında herbivor, bakterivor, fungivor, ve predatör olarak her bir trofik seviyede bulunur. Collembola, altı bacaklı, antenli, kanatsız ilkel böceklerdir. Acari ile kıyaslandığında çeşitlilikleri az olmasına rağmen toprak içerisindeki miktarları aynı olabilmektedir (Petersen ve Luxton, 1982). Collembola toprak içerisindeki boşluklarda ve ölü örtü içerisinde yoğun olarak bulunan canlılardır. Collembola bireylerinin nem ve besin istekleri (fungi, alg ve bitki) Acari taksonuna kıyasla daha sınırlıdır (Petersen, 2002). Toprak mezofaunası, patojenik organizmalar ile beslenerek hastalık ve zararlıların kontrolü ile besin döngüsü gibi süreçlere katkı sağlarken makrofauna ile küçük omurgalıların besin kaynağını oluştururlar (Akkaya ve Uğurtaş, 2006). Son yıllarda mikroeklembacaklılar kullanılarak toprağın biyolojik kalitesinin belirlenmesi için çeşitli indeksler kullanılmaktadır (Bastida vd., 2008; Menta vd., 2015; Parisi vd., 2003). Bu indeksler içerisinde öne çıkan, toprak mikroeklembacaklı topluluğunun çeşitliliğini, toprak ekosistemine göstermiş oldukları adaptasyonun derecesi ile birleştirerek, toprakta meydana gelen doğal ve yapay bozulmaları belirleyen QBS indeksidir (Parisi, 2001). QBS indeksi mikroeklembacaklıların toprak ortamına adaptasyonunu değerlendirmek tür düzeyinde teşhislerinde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için uygulanır (Parisi vd., 2005). Bu nedenle orman ekosistemlerinde meydana gelen doğal (canlıların etkisi) ve yapay bozulmaların (tür değişimi ve ağaçlandırma) ortaya konmasında da kullanılmaktadır (Çakır, 2019a; Çakır, 2019b).

Toros Göknarı (*Abies cilicica* (Ant. & Kotschy) Carr.) Türkiye’de doğal olarak yetişen iki göknar türünden biridir (Akkemik, 2018). Toros Göknarı’nın doğal yayılış alanı da kuzeyde bulunan göknar türlerinin yayılış alanlarından yetişme ortamı ve iklim faktörleri bakımından tipik farklılıklarla ayrılan Akdeniz bölgesinde yer alır (Bozkuş, 1989). Türkiye’deki yayılışını Toros Dağlarının batı ve orta bölümleri ile Amanos Dağları üzerinde yapmaktadır (Akkemik, 2018).

Bu çalışmanın amacı; Berçin Yaylası’nda (Tomarza-Kayseri) farklı yükseltilerde yaşayan toprak mikroeklembacaklıların komünite yapıları ile çeşitliliklerini belirlemektir. Ayrıca mikroeklembacaklılar ve Collembola taksonu kullanılarak belirlenen toprak biyolojik kalitesinin, yükselti boyunca değişimini ortaya koymaktır.

2. Materyal yöntem

2.1. Çalışma alanı

Araştırma, Kayseri ilinin Tomarza ilçesine bağlı Berçin Yaylası’nda bulunan Toros Göknarı (*Abies cilicica* subsp. *cilicica*) meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Coğrafi konum olarak 38° 21' 48" kuzey, 41°09'48"-36°06'14" doğu boylamı arasında bulunmaktadır. Denizden yüksekliği 1600-1800 m arasında değişmektedir. Arazinin genel bakışı kuzey-batı yönündedir. İklim tipi Thornthwaite’a göre yarı kurak-az nemlidir. Uzun dönem meteorolojik verilere göre ortalama sıcaklık 10,4 °C’dir. En yüksek sıcaklık ağustos ayında 34°C iken en düşük sıcaklık -11°C ile Ocak ayındadır. Yıllık yağış 350mm’dir.

2.2. Mikroeklembacaklıların örnekleme

Mikroeklembacaklıların araziden örnekleme için 5 cm çapında ve 5 cm yüksekliğindeki çelik silindirel kullanılmıştır (Coleman vd., 2004; Meehan vd., 2006). Üç farklı yükseltide (1613m, 1694m, 1727m) belirlenen örnek alanlar 2018 yılı içerisinde toplam 4 (Şubat, Mayıs, Ağustos, Kasım) defa örneklemiştir. Her örnekleme noktasında üç çelik silindir ile örnekleme yapılmış ve toplam 36 çelik silindir örneği toplanmıştır. Silindir örnekleri dikkatlice alüminyum folyo ile sıkıştırılmadan sarılıp paketlenmiştir. Toprak örnekleri herhangi bir sıkışmaya neden olmayacak şekilde tek sıralı olarak kasalara konularak laboratuvara taşınmış ve 4-5 gün süresince Berlesse Hunisi ile ekstrakt edilmiştir. Örnekler % 70’lik etil alkol içerisinde saklanmıştır (Joo vd., 2006). Mikroeklembacaklılar binoküler stereo mikroskop (Leica S8 APO, Wetzlar, Germany) kullanılarak takım, alttakım veya aile seviyesinde teşhis edilmiş ve miktarları belirlenmiştir (Salmon vd., 2006). Teşhis anahtarı olarak Dindal (1990), Bei-Bienko vd. (1967) ve Krantz (1978)’dan faydalanılmıştır. Collembola örnekleri potasyum hidroksit ile saydamlaştırılmıştır, örnekler hoyer çözeltisi ile mikroskop slaytları yapılmıştır. Mikroskop slaytları Olympus BX50 DIC (Japan) mikroskop kullanılarak cins ve tür seviyesinde teşhis edilmiş ve miktarları belirlenmiştir. Collembola örnekleri yüksek lisans tezini Ordu ilinin Collembola faunasını belirleyerek bitiren biyolog Muhammet Ali ÖZATA’nın şahsi koleksiyonunda saklanmaktadır (Özata, 2015). Teşhis anahtarı olarak Bretfeld (1999), Fjellberg (1998), Fjellberg (2007), Potapov (2001), Thibaud vd. (2004), Mateos (2011), Mateos (2012), Stach (1960), Hopkin (2007), Kaprus ve Weiner (2009), Igor Kaprus ve Pašnik (2016), Jordana ve Arbea (1989) ve Pomorski ve Skarżyński (1992)’den faydalanılmıştır.

Mikroeklembacaklıların miktarları ile yetişme ortamı özelliklerinin karşılaştırılabilmesi için örnekleme yapılan her bir noktanın yanından 10 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı (toprak termometresi ile) ölçülmüş ve ayrıca alınan toprak örneklerinde nem tayini ve pH analizi yapılmıştır (Karaöz, 1989).

2.3. Toprak biyolojik kalitesinin hesaplanması

Toprak biyolojik kalitesi (QBS-ar) için ekstrakt edilen her bir mikroeklembacaklı taksonu için belirlenmiş olan EMI (Ekomorfolojik İndeks) değeri atanmıştır (Parisi vd., 2005). EMI değeri 1 (toprağa uyum sağlamamış) ile 20 (toprağa en fazla uyum sağlamış) arasında değişmektedir. Bazı taksonlar için sadece bir EMI değeri verilmiştir bunun nedeni bu taksonlara ait tüm türler toprağa aynı adaptasyon seviyesini gösterdiği içindir. Genel olarak, euedafik (derin toprakta yaşayan) formlar EMI = 20 olur, hemiedafik (toprak içerisinde ve yüzeyinde yaşayan), toprak adaptasyon derecelerine göre EMI puanı alır ve epiedafik (yüzeyde yaşayan) formlar EMI = 1 puan alır. Daha sonra her bir toprak örneğinden çıkarılan taksonlara ait EMI değerleri toplanır. Detaylı bilgi için Çakır (2019a)’a bakınız. QBS-C’nin elde edilmesinde ekstrakt edilen Collembola taksonları cins düzeyinde teşhis edilmiştir. Teşhisi yapılan her bir cins için EMI değeri atanmıştır (Çizelge 3) (Parisi ve Menta, 2008).

2.4. İstatistiksel yöntemler

Farklı yükseltlerden mikroeklembacıklılara ait elde edilen verilerin değerlendirilmesinde varyans analizi kullanılarak SPSS paket programı kullanılmıştır. Farklı yükseltlere ait verilerin ortalamaları arasındaki farklılık Tukey post-hoc testi ile ayrılmıştır (SPSS, 2011). Mikroeklembacıklılara ait biyoçeşitliliğin belirlenmesinde Shannon çeşitlilik indisi (H') kullanılmıştır (Özkan, 2016; Shannon ve Weaver, 1949).

3. Bulgular

Çalışma alanından elde edilen çevresel veriler toprak mikroeklembacıklılarına ait yoğunluk, çeşitlilik ve toprak kalitesi değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Toprak pH değeri, mikroeklembacıklıların yoğunluğu ile QBS-ar ve QBS-C değerleri farklı yükseltlerde istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ($P<0,05$).

3.1. Çevresel faktörler

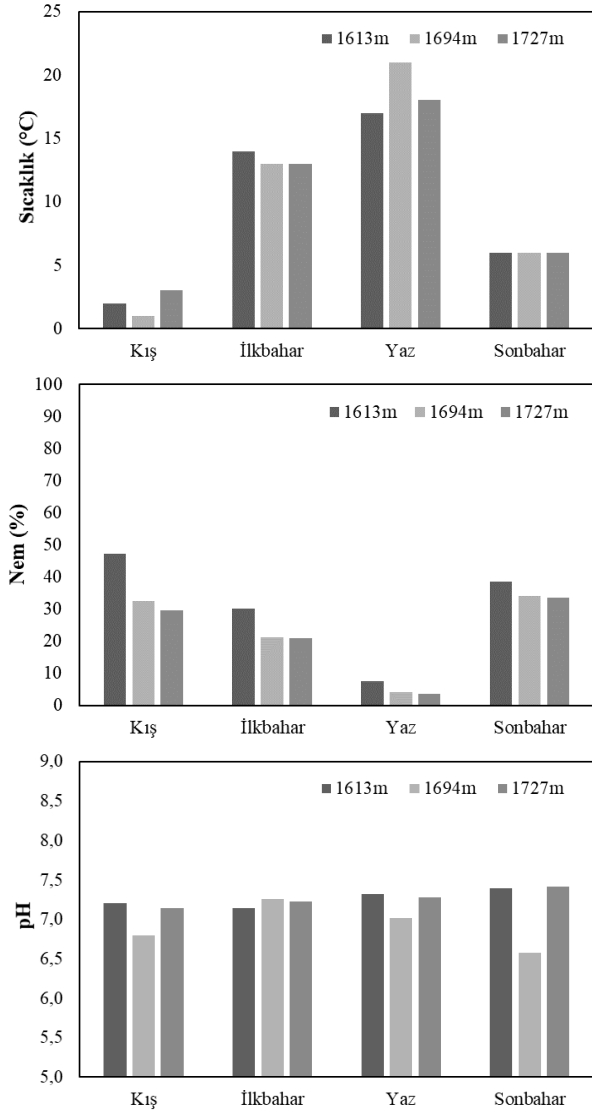
Mikroeklembacıklıların örneklenme zamanı için belirlenen toprak sıcaklığı, toprak nemi ve pH değeri Şekil 1'de verilmiştir. Belirlenen bu değerler mevsimsel farklılıklar göstermektedir. Yükselti basamaklarına göre çevresel faktörlerin yıl içerisindeki değişimleri incelendiğinde sadece pH değerinin istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($P<0,001$) (Çizelge 1).

3.2. Mikroeklembacıklıların yoğunluğu

Örneklenme zamanı boyunca 25 mikroeklembacıklı taksonu toplanmıştır. Yıllık ortalama mikroeklembacıklı yoğunluğu en yüksek 7569 bry.m⁻² ile 1694m yükseltide belirlenirken en düşük 2611 bry.m⁻² ile 1727m yükseltide belirlenmiştir ($P<0,001$) (Çizelge 1). Mevsimsel yapılan örneklenme zamanlarında da en düşük mikroeklembacıklı yoğunluğu 1727 m'de belirlenmiştir (Şekil 2). Sayıca en fazla olan takson tüm yükseltlerde Acari taksonu iken Collembola taksonu ikinci en yoğun taksondur (Çizelge 2). Acari ve Collembola taksonu farklı yükseltlerde toplam mikroeklembacıklı miktarının büyük bölümünü oluşturmaktadır (sırası ile %84, %87, %77).

Genel olarak mikroeklembacıklı yoğunluğu üzerinde sıcaklık ve toprak nemi etkilidir. Belli bir sıcaklıktan sonra toprak neminde meydana gelen azalma sonucu yaz aylarında yoğunluğun göreceli azalmasına neden olmuştur. Yapılan çalışmada, Collembola taksonlarının dağılımında toprak neminin ve sıcaklığının Collembola miktar ve çeşitliliğine etki ettiği tespit edilmiştir. Nemin %20 nin altında düşüğü yaz mevsiminde toprakta yaşayan ve toprak ile ölü örtü arasında yaşayan Collembola taksonlarının tamamen

kaybolduğu gözlenmiştir (Şekil 1). Yaz mevsiminde sadece ölü örtüde ve toprak yüzeyinde yaşayan Entomobryidae (Orchasellidae=Alt familya) familyasına ait genç bireylere ait örnekler tespit edilmiştir. Sonbahar mevsiminin sonu ile kış başlangıcında ise yağışların artması ile Hypogastruridae familyasında ait tür çeşitliliği ve populasyon yoğunlukları artmıştır. Bununla birlikte kış mevsimi hariç diğer örneklenme zamanlarında yükselti arttıkça ortalama birey sayısı azalmaktadır (Şekil 2).



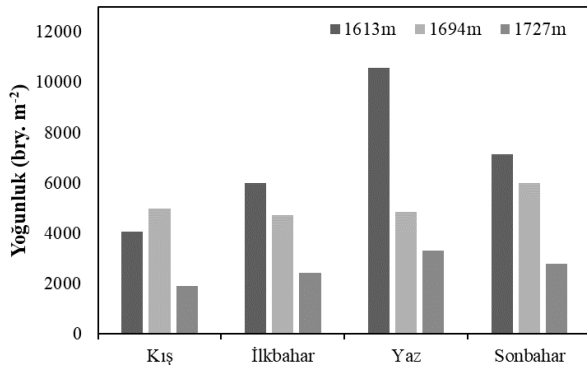
Şekil 1. Çevresel faktörlerden toprak sıcaklığı, nem ve pH'nın farklı yükseltlerdeki mevsimsel değişimi

Çizelge 1. Farklı Yükseltlerde toprak ve mikroeklembacıklılara ait bazı değerler (ort±std hata).

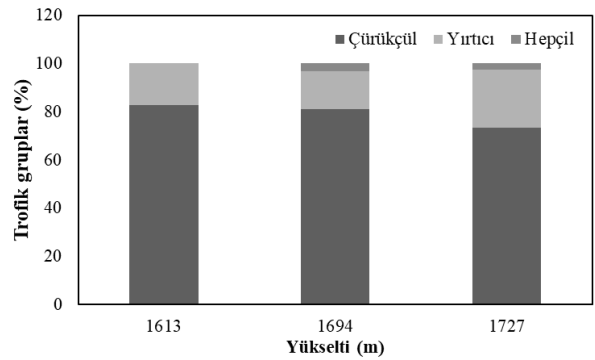
Yükselti	Yükselti	Toprak			Mikroeklembacıklı			
		Nem (%)	pH (H ₂ O)	Sıcaklık (°C)	Yoğunluk (bry.m ⁻²)	QBS-ar	QBS-C	Shannon (H')
1613m	1613m	30,88±3,80	7,26±0,02 ^a	9,75±1,55	7569,50±424,52 ^a	64,00±3,58 ^{ab}	86,33±12,04 ^a	1,62±0,01
1694m	1694m	22,97±3,09	6,91±0,06 ^b	10,25±1,94	5276,25±741,83 ^b	69,25±1,97 ^b	71,33±4,16 ^{ab}	1,50±0,03
1727m	1727m	21,87±2,98	7,26±0,02 ^a	10,00±1,51	2611,50±92,22 ^c	53,75±4,03 ^a	50,00±2,73 ^b	1,57±0,06
F		2,169	22,212	0,022	34,867	5,639	5,887	2,059
P		0,123	0,000	0,978	0,000	0,005	0,006	0,133

Çizelge 2. Farklı yükseltlerdeki yıllık ortalama mikroeklembacaklı yoğunluğu (bry. m⁻²) ve oranları (%).

Takım	Alt takım/ Familya	Trofik grup	Yükselti					
			1613m	%	1694m	%	1727m	%
Collembola	Isotomidae	Çürükçül	1083	14,3	382	7,2	96	3,7
	Entomobryidae	Çürükçül	287	3,8	637	12,1	96	3,7
	Neanuridae	Çürükçül	85	1,1	414	7,8	-	0,0
	Onychiuridae	Çürükçül	32	0,4	32	0,6	32	1,2
	Sminthurididae	Çürükçül	-	-	223	4,2	32	1,2
	Orchesellidae	Çürükçül	255	3,4	-	-	-	-
	Hypogastruridae	Çürükçül	64	0,8	159	3,0	605	23,2
	Tullbergiidae	Çürükçül	96	1,3	32	0,6	-	-
	Odontellidae	Çürükçül	-	-	-	-	32	1,2
Acari	Oribatidae	Çürükçül	2962	39,1	955	18,1	701	26,8
	Prostigmata	Yırtıcı	701	9,3	637	12,1	350	13,4
	Astigmata	Çürükçül	669	8,8	669	12,7	-	-
	Mezostigmata	Yırtıcı	96	1,3	159	3,0	64	2,4
Arachnida	Araneae	Yırtıcı	159	2,1	212	4,0	96	3,7
Pseudoscorpiones		Yırtıcı	127	1,7	64	1,2	32	1,2
Insecta	Carabidae	Yırtıcı	191	2,5	64	1,2	32	1,2
	Psocoptera	Çürükçül	191	2,5	-	-	191	7,3
	Formicidae	Hepçil	-	-	159	3,0	32	1,2
	Calliphoridae	Yırtıcı	-	-	32	0,6	32	1,2
	Thripidae	Çürükçül	127	1,7	32	0,6	-	-
Larvae	Larva	Çürükçül	159	2,1	255	4,8	127	4,9
Sympyla	Scutigerelellidae	Hepçil	-	-	96	1,8	32	1,2
Diplopoda	Polyxenidae	Çürükçül	255	3,4	32	0,6	-	-
Chilopoda	Lithobiomorpha	Yırtıcı	32	0,4	32	0,6	-	-
	Geophilomorpha	Yırtıcı	-	-	-	-	32	1,2
			7569		5276		2611	



Şekil 2. Farklı yükseltlerdeki mikroeklembacaklı yoğunluğunun mevsimsel değişimi

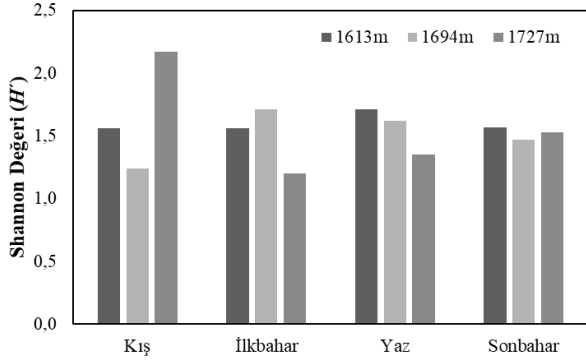


Şekil 3. Farklı yükseltlerdeki mikroeklembacaklıların trofik yapısı

3.3. Mikroeklembacaklıların trofik yapısı ve çeşitliliği

Farklı yükseltlerden toplanan mikroeklembacaklılar üç farklı (çürükçül, yırtıcı, hepçil) trofik seviyededir (Şekil 3). En yoğun bulunan trofik seviye çürükçüllere aittir daha sonra yırtıcılar gelmektedir. Çürükçüllerin oranı farklı yükseltlerde sırası ile %83, %81 ve %73 dür. Yırtıcılar ise trofik yapının sırası ile %17, %16 ve %24'ünü oluşturmaktadırlar. Genel olarak çürükçüllerin oranı en yüksek yoğunluğa ilkbaharda ulaşırken yırtıcıların oranı ise sonbaharda en yüksek yoğunluğa ulaşmaktadır. En düşük yoğunluk ise her iki trofik grupta da kış ve ilkbahar aylarında elde edilmiştir (Şekil 3).

Shannon çeşitlilik indeksi mikroeklembacaklıların komünite yapısının mevsimsel olarak değişmesine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir (Şekil 4). Yapılan varyans analizinde yıllık Shannon değer istatistiksel olarak yükseltler arasında farklılık göstermemektedir ($P=0,133$) (Çizelge 1, Şekil 4).



Şekil 4. Mikroeklembacıklara ait Shannon çeşitlilik değerinin mevsimsel değişimi

3.4. Toprak biyolojik kalitesinin mikroeklembacıklar ile belirlenmesi (QBS-ar)

Mikroeklembacıklar kullanılarak hesaplanan QBS-ar değeri yükseltiye bağlı olarak istatistiksel farklılık göstermektedir ($P=0,005$). En yüksek QBS-ar değeri 1694m'de en düşük değer 1727m'de bulunmuştur (Çizelge 1). Yıl içerisinde de kış ve sonbahar mevsimi hariç en düşük QBS-ar değeri 1727 m' de görülmüştür (Şekil 5).

3.5. Toprak biyolojik kalitesinin Collembola taksonu ile belirlenmesi (QBS-C)

Collembolaların morfolojik ve ekolojik özelliklerine göre belirlenen QBS-C değeri için Collembola taksonu cins/tür düzeyinde teşhis edilmiştir (QBS-C değerinin mevsimsel değişimine bakıldığında, yaz mevsiminde örnek alanlarda elde edilen Collembola taksonuna ait QBS-C değeri sıfır çıktığından, yaz mevsiminde bir değer elde edilememiştir (Şekil 6). Kış ve sonbahar mevsiminde 1613m yükseltide en yüksek QBS-C değeri bulunurken ilkbahar mevsiminde 1694 m yükseltide en yüksek değer bulunmuştur. Çizelge 3.).

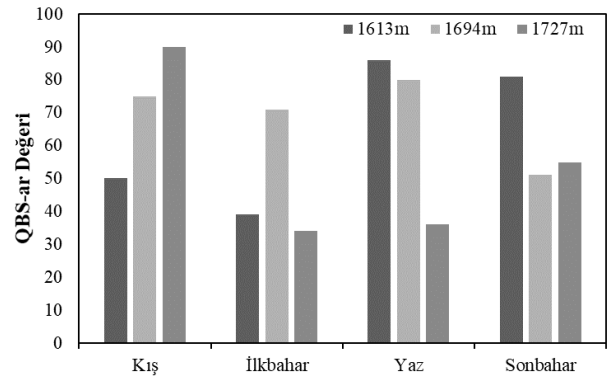
Bu bölge için ülkemizde Collembolalar ilk defa teşhis edilmiştir. QBS-C değeri farklı yükseltelerde istatistiksel farklılık göstermektedir ($P>0,05$). En yüksek değer 1613 m'de bulunurken yükselti arttıkça QBS-C değeri de düşmektedir (Çizelge 1).

QBS-C değerinin mevsimsel değişimine bakıldığında, yaz mevsiminde örnek alanlarda elde edilen Collembola taksonuna ait QBS-C değeri sıfır çıktığından, yaz mevsiminde bir değer elde edilememiştir (Şekil 6). Kış ve sonbahar mevsiminde 1613m yükseltide en yüksek QBS-C değeri bulunurken ilkbahar mevsiminde 1694 m yükseltide en yüksek değer bulunmuştur.

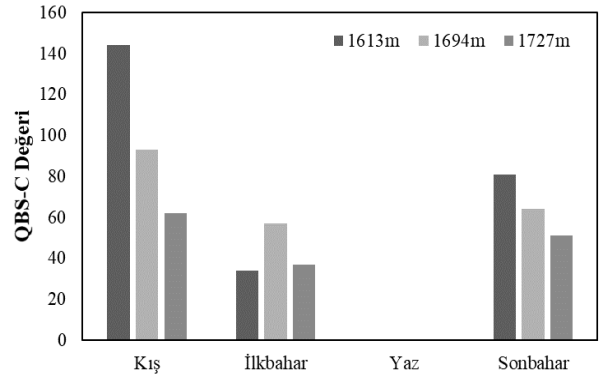
Çizelge 3. Çalışma alanında teşhis edilen Collembola taksonu ve toprak biyolojik kalitesinin belirlenmesinde kullanılan ekomorfolojik indeks (EMI) değerleri

Familya	Cins / Tür	EMI değeri
Isotomidae	<i>Paristoma notabilis</i> *	17
	<i>Folsomia inoculata</i> *	27
	<i>Folsomia manolachei</i> *	24
Entomobryidae	<i>Orchesella sp</i> *	0
	<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> *	5
Neanuridae	<i>Pseudachorutes dubius</i> *	14
Onychuridae	<i>Protaphorura microsellata</i> **	37
Sminthurididae	<i>Sphaeridia pumilis</i> *	15
	<i>Schoetella unguiculata</i> *	20
	<i>Ceratophysella denticulata</i> *	14
Hypogastruridae	<i>Hypogastrura vernalis</i> *	14
	<i>Xenylla sp</i> *	17

*: Kayseri/Berçin yaylası için yeni kayıt, **: Türkiye için yeni kayıt



Şekil 5. Mikroeklembacıklara ait QBS-ar değerlerinin mevsimsel değişimi



Şekil 6. Collembolalara ait QBS-C değerlerinin mevsimsel değişimi

4. Tartışma ve sonuç

Yoğunluk

Mikroeklembacıkların yoğunluğu üzerinde iklim, toprak yapısı, bitki türü ve diğer canlılar rol oynamaktadır ve miktarları metrekarede yüzbinleri bulabilmektedir (Coleman vd., 2018). Collembola ve Akari toprak ekosisteminde en bol bulunan ve çeşitliliği göreceli olarak fazla olan mikroeklembacıklı taksonlarıdır (Petersen ve Luxton, 1982). Bireysel bolluk açısından, Berçin Yaylası'ndaki farklı yükseltelerde bulunan toprak

mikroeklembacılıkları içerisinde de en fazla bulunan Collembola ve Acari taksonlarıdır, ardından Insecta taksonu gelmektedir. Mikroeklembacılıkların hem takson çeşitliliği hem de miktarları yükselti arttıkça azalmaktadır ve birçok mikroeklembacılı grubu (Orchesellidae, Astigmata, Thripidae, Polyxenidae ve Lithobiomorpha) alt yükselti basamaklarındaki habitatlarda bulunmaktadır. Bu durum, çalışma alanındaki yükselti boyunca bitki kompozisyonu ve toprak özelliklerinin değişmesinden kaynaklanmış olabilir. Richardson vd. (2005) toprak mikroeklembacılıkların, komünite yapılarının ve tür zenginliğinin yükselti boyunca farklı orman yapılarından kaynaklandığını göstermiştir. Orman ekosistemini oluşturan ağaçlar büyük boyutlu gövdeleri ile geniş tepe çatıları ve orman zemininde oluşturdukları ölü örtü sayesinde farklı nişler ve mikro habitatlar oluştururken (Hooper vd., 2000; Irmiler, 2006) toprak sıcaklığının değişmesini de sağlarlar (Liu vd., 2012; Shachak vd., 2008) böylece orman ekosistemlerinin daha fazla çeşitlilikte toprak faunasına ev sahipliği yapmasına neden olurlar (Jiang vd., 2015).

Yukarıdaki bulguların aksine dört farklı orman habitatında yürütülen çalışmada toprak mikroeklembacılıkları miktarı yükseltiye bağlı olarak istatistiksel farklılık göstermemiştir (Illig vd., 2008; Olson, 1994). Yükseltiye bağlı olarak sıcaklık düşmekte bu da ayrışma sürecini azaltmakta ve kalın bir ölü örtü oluşturarak toprak mikroeklembacılıkları miktarını arttırmış olabilir (Jiang vd., 2015). Mikroeklembacılıkların toprak özelliklerine olan adaptasyonları, iklime kıyasla miktarlarını belirlemede daha önemli bir faktör olabilmektedir ve bu da yükselti basamakları boyunca daha toleranslı olmalarına neden olabilmektedir (Lawton vd., 1987; Richardson vd., 2005). Sonuç olarak yukarıda verilen literatür bilgileri, yapılan çalışmada 1613 m ve 1694 m' deki mikroeklembacılıkları miktarında istatistiksel fark yokken 1727 m yükseltide farklı çıkmasını açıklamaktadır.

Çeşitlilik

Mikroeklembacılıkların çeşitliliği, farklı habitatlara, besin miktarı ve kalitesi ile avcı türlerin miktarına bağlı olarak değişmektedir (Cakir ve Makineci, 2013; Clapperton vd., 2002; Palacios-Vargas vd., 2011). Yükselti boyunca bitki örtüsünün değişimine bağlı olarak mikroeklembacılıkları çeşitliliği de değişmektedir (Richardson vd., 2005). Jiang vd. (2015) yükseltinin toprak özelliklerine olan önemli etkisi sonucunda mikroeklembacılıkları çeşitliliğinin değiştiğini belirtmiştir. Fakat yapılan çalışmalarda yükselti basamağı 780 m ile 2480 m arasında yapıldığından, yükseltinin iklim, bitki ve toprak üzerine olan etkisi de önemli düzeyde olmaktadır (Jiang vd., 2015; Richardson vd., 2005). Berçin Yaylası'ndan elde edilen en yüksek Shannon çeşitlilik değerleri en düşük yükseltide bulunmasına rağmen yükselti arasında istatistiksel fark bulunamamıştır. Bunun sebebi örnek sayısının ve yükselti basamakları arasındaki mesafenin az olması sonucu, çeşitlilik bakımından örnek alanlar arasındaki fark belirlenememiş olabilir.

QBS-ar

Toprak biyolojik kalitesi (QBS-ar) son yıllarda geliştirilen ve mikroeklembacılıkları kullanılarak mikroeklembacılıkları topluluğunun biyolojik çeşitliliğini,

toprak ekosistemine göstermiş oldukları adaptasyonun derecesi ile birleştirerek toprakta meydana gelen bozulmaların göstergesi olarak kabul eden toprak biyolojik kalitesi hakkında bilgi sağlar (Parisi vd., 2005). QBS-ar indeksi, farklı arazi kullanımı (Begum vd., 2014), tarımsal faaliyetler (Aspetti vd., 2010), maden sahaları (Menta vd., 2014), silvikültürel müdahaleler (Venanzi vd., 2016), farklı ağaç türleri (Çakır, 2019a) ve orman karıncaları (Çakır, 2019b) gibi etkenlerin mikroeklembacılıkları üzerindeki etkisinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. QBS-ar değeri de yapılan çalışmalarda yükselti boyunca azalma eğilimi göstermektedir (Begum vd., 2011). Benzer olarak Berçin Yaylası'nda farklı yükseltide yapılan çalışmada da yükselti ile QBS-ar değeri azalmıştır.

QBS-C

Collembola, hem tür sayısı hem de mevcut birey sayısı açısından toprak eklembacılıklarının en önemli gruplarından birini temsil etmektedir (Rusek, 1998). Bu taksonomik grup çeşitlilikleri ve yoğunluklarının birçok toprak faktöründen (toprağın organik maddesi, nem ve pH) etkilenmesi ve toprak özelliklerine göre değişen vücut adaptasyonları ile toprak kalitesinin değerlendirilmesinde önemli canlılardan biri olmaktadır (de Oliveira Filho vd., 2016; Santorufo vd., 2012). QBS-C metodolojik yaklaşımı, QBS-ar açısından farklıdır. QBS-C, Collembola taksonuna ait tüm EMI değerlerini dikkate alırken, QBS-ar toprak örneğinden ekstrakt edilmiş bütün biyolojik formlara ait en yüksek değeri değerlendirir. QBS-ar değeri en fazla 195 olurken QBS-C değeri en fazla 40 olabilir. Ayrıca QBS-C'nin potansiyel bir problemi, bu indeksin QBS-ar'a kıyasla daha yüksek bir taksonomik bilgiye sahip olunmasıdır. QBS-ar da mikroeklembacılıkları takım düzeyinde teşhis edilirken QBS-C de Collembola taksonu cins düzeyinde teşhis edilmesi gerekir. Ülkemizde Collembola taksonu ile ilgili çalışmaların sayısı az olmakla birlikte (Özata vd., 2017a; Özata vd., 2017b) Berçin Yaylası'nda farklı yükseltide yapılan bu çalışmada teşhis edilen Collembola taksonuna ait tür ve cinsler Kayseri/Berçin yaylası için yeni kayıt iken *Protaphorura microsellata* türü Türkiye için yeni kayıttır (Özata vd., 2017c; Sevgili ve Özata, 2014).

Collembola taksonunun en yüksek miktar ve çeşitliliği bahar aylarında ulaşmaktadır (Wiwatwitaya ve Takeda, 2005). Toprak nemine ihtiyaç duyan Collembola taksonu yaz kuraklığından olumsuz etkilenecek miktarları hızlıca düşmektedir (Cakir ve Makineci, 2013; Christiansen, 1964). Benzer olarak yapılan çalışmada en yüksek QBS-C değerleri bahar mevsiminde elde edilmiş ve yaz mevsiminde QBS-C değeri elde edilememiştir. Toprak neminin %20'nin altına düştüğü zamanlarda birçok Collembola taksonu alandan çekilmiştir ve EMI değeri sıfır olan Entomobryidae gibi taksonlar bulunduğu yaz ayında QBS-C değeri elde edilememiştir. QBS-C ile yapılan çalışmalar çok sınırlı olması diğer çalışmalar ile bu çalışmaların kıyaslanmasını güçleştirmektedir (Parisi vd., 2003).

Sonuç olarak mikroeklembacılıkların yoğunluğu, QBS-ar ve QBS-C değerleri yükselti boyunca azalma göstermiştir. Mikroeklembacılıkları yoğunluğu ve toprak biyolojik kalitesi birçok ekosistem sürecinde önemli gösterge olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde mikroeklembacılıkları ile ilgili çalışmalar yetersizdir. QBS-ar son yıllarda kullanımı artmaktadır bu durumum toprak biyolojik kalitesinin değerlendirilmesini

kolaylaştırmaktadır. QBS-ar değerlerinin daha geniş alanlarda kullanımı ile Toprak Biyolojik Kalitesi haritacılığı için öncü bir temel oluşturabilir. QBS-C indeksi, uygulamasının daha zor olmasına rağmen, yükseltileler arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde etkili olduğunu göstermiştir.

Kaynaklar

- Akkaya, A., Uğurtaş, İ.H., 2006. The feeding biology of *Ophisops elegans* Menetries, 1832 (Reptilia: Lacertidae) populations of the Bursa region. *Turkish Journal of Zoology*, 30: 357-360.
- Akkemik, Ü., 2018. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Aspetti, G.P., Boccelli, R., Ampollini, D., Del Re, A.A., Capri, E., 2010. Assessment of soil-quality index based on microarthropods in corn cultivation in Northern Italy. *Ecological Indicators*, 10: 129-135.
- Bastida, F., Zsolnay, A., Hernández, T., García, C., 2008. Past, present and future of soil quality indices: a biological perspective. *Geoderma*, 147: 159-171.
- Begum, F., Bajracharya, R.M., Sharma, S., Sitaula, B.K., 2011. Assessment of soil quality using microarthropod communities under different land system: A case study in the mid-hills of central Nepal. *Journal of Life Sciences*, 5: 66-73.
- Begum, F., Bajracharya, R.M., Sitaula, B.K., Sharma, S., Ali, S., Ali, H., 2014. Seasonal dynamics and land use effect on soil microarthropod communities in the Mid-hills of Nepal. *Int. J. Agron. Agri. Res.*, 5: 114-123.
- 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*.
- Bozkuş, H.F., 1989. Toros Göknaarı (*Abies cilicica* Carr.)'nın Türkiye'deki Doğal Yayılış ve Silvikültürel Özellikleri, (Doktora Tezi). Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı, OGM Yayınları, Ankara.
- Bretfeld, G., 1999. Symphypleona Synopses on Palaearctic Collembola. *Staatliches Museum für Naturkunde, Görlitz*.
- Cakir, 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.
- Christiansen, K., 1964. Bionomics of collembola. *Annual Review of Entomology*, 9: 147-178.
- Clapperton, M.J., Kanashiro, D.A., Behan-Pelletier, V.M., 2002. Changes in abundance and diversity of microarthropods associated with Fescue Prairie grazing regimes. *Pedobiologia*, 46: 496-511.
- Coleman, D.C., Callahan, M.A., Crossley Jr, D., 2018. *Fundamentals of soil ecology*, 3rd Edition. Academic press.
- Coleman, D.C., Crossley, D.A., Hendrix, P.F., 2004. *Fundamentals of soil ecology*. Academic Press, USA.
- Çakır, M., 2019a. Belgrad Ormanının Toprak Biyolojik Kalite İndeksinin Mikroeklembacıklar ile Belirlenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 5: 38-45.
- Çakır, M., 2019b. The negative effect of wood ants (*Formica rufa*) on microarthropod density and soil biological quality in a semi-arid pine forest. *Pedobiologia*, 77: 150593.
- Çakır, M., Makineci, E., 2011. Toprak faunası: sınıflandırılması ve besin ağındaki yeri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 61: 43-55.
- de Oliveira Filho, L.C.I., Klauber Filho, O., Baretta, D., Tanaka, C.A.S., Sousa, J.P., 2016. Collembola community structure as a tool to assess land use effects on soil quality. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40: 1-18.
- Dindal, D.L., 1990. *Soil biology guide*. Wiley, New York.
- Fjellberg, A., 1998. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part 1: Poduromorpha fauna, Brill.
- Fjellberg, A., 2007. The Collembola of Fennoscandia and Denmark Part II: Entomobryomorpha and Symphypleona, Brill.
- Hooper, D.U., Bignell, D.E., Brown, V.K., Brussaard, L., Mark Dangerfield, J., Wall, D.H., Wardle, D.A., Coleman, D.C., Giller, K.E., Lavelle, P., 2000. Interactions between aboveground and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: patterns, mechanisms, and feedbacks. *BioScience*, 50: 1049-1061.
- Hopkin, S.P., 2007. A key to the Collembola (springtails) of Britain and Ireland. FSC publications, England.
- Igor Kaprus, W.W., Paśnik, G., 2016. Collembola of the genus Protaphorura Absolon, 1901 (Onychiuridae) in the Eastern Palearctic: morphology, distribution, identification key. *ZooKeys*: 119.
- Illig, J., Schatz, H., Scheu, S., Maraun, M., 2008. Decomposition and colonization by micro-arthropods of two litter types in a tropical montane rain forest in southern Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*: 157-167.
- Irmiler, U., 2006. Climatic and litter fall effects on collembolan and oribatid mite species and communities in a beech wood based on a 7 years investigation. *European Journal of Soil Biology*, 42: 51-62.
- Jiang, Y., Xiuqin, Y., Fubin, W., 2015. Composition and spatial distribution of soil mesofauna along an elevation gradient on the north slope of the Changbai Mountains, China. *Pedosphere*, 25: 811-824.
- Joo, S.J., Yim, M.H., Nakane, K., 2006. Contribution of microarthropods to the decomposition of needle litter in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantation. *Forest ecology and management*, 234: 192-198.
- Jordana, R., Arbea, J.I., 1989. Clave de identificación de los géneros de Colémbolos de España (Insecta: Collembola). *Publicaciones De Biología De La Universidad De Navarra, Pamplona*.
- Kaprus, I.J., Weiner, W.M., 2009. The genus Pseudochorutes Tullberg, 1871 (Collembola, Neanuridae) in the Ukraine with descriptions of new species. *Zootaxa*, 2166: 1-23.
- Karaöz, M.Ö., 1989. Toprakların bazı kimyasal özelliklerinin (pH, karbonat, tuzluluk, organik madde, total azot, yararlanılabilir fosfor) analiz yöntemleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 39: 64-82.
- Krantz, G.W., 1978. *A manual of acarology* (2nd edition). Oregon St Univ Bookstores, Corvallis.
- Lawton, J., MacGarvin, M., Heads, P., 1987. Effects of altitude on the abundance and species richness of insect herbivores on bracken. *The Journal of Animal Ecology*, 56: 147-160.
- Liu, J.-L., Li, F.-R., Liu, C.-A., Liu, Q.-J., 2012. Influences of shrub vegetation on distribution and diversity of a ground beetle community in a Gobi desert ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 21: 2601-2619.
- Mateos, E., 2011. New Lepidocyrtus Bourlet, 1839 taxa from Greece (Collembola: Entomobryidae). *Zootaxa*, 3108: 25-40.
- Mateos, E., 2012. The European Lepidocyrtus lanuginosus group (Collembola: Entomobryidae), definition and description of a new species from Spain. *Zootaxa*, 3570: 69-81.
- Meehan, T.D., Drumm, P.K., Schottland Farrar, R., Oral, K., Lanier, K.E., Pennington, E.A., Pennington, L.A., Stafurik, I.T., Valore, D.V., Wylie, A.D., 2006. Energetic equivalence in a soil arthropod community from an aspen-conifer forest. *Pedobiologia*, 50: 307-312.
- Menta, C., Conti, F., Pinto, S., Leoni, A., Lozano-Fondón, C., 2014. Monitoring soil restoration in an open-pit mine in northern Italy. *Applied Soil Ecology*, 83: 22-29.
- Menta, C., Tagliapietra, A., Caoduro, G., Zanetti, A., Pinto, S., 2015. Ibs-Bf and Qbs-Ar comparison: Two quantitative indices based on soil fauna community. *EC Agriculture*, 2: 427-439.
- Olson, D.M., 1994. The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 129-150.

- Özata, M.A., 2015. Ordu ili Collembola (Hexapoda) faunasının belirlenmesi üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Özata, M.A., Sevgili, H., Kaprus, I., 2017a. New records of springtail fauna (Hexapoda: Collembola: Entomobryomorpha) from Ordu Province in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 41: 24-32.
- Özata, M.A., Sevgili, H., Kaprus, I., 2017b. Contribution to the Collembola (Hexapoda) fauna of Turkey from Ordu and Rize provinces. *Bihorean Biologist*, 11: 117-120.
- Özata, M.A., Sevgili, H., Kaprus, I.J., 2017c. Poduromorpha fauna of Ordu province in Turkey (Hexapoda: Collembola). *Bitki Koruma Bülteni*, 57: 231-250.
- Özkan, K., 2016. Biyolojik çeşitlilik bileşenleri (α , β ve γ) nasıl ölçülür? SDÜ Basımevi, Isparta.
- Palacios-Vargas, J., Castaño-Meneses, G., Estrada, D.A., 2011. Diversity and dynamics of microarthropods from different biotopes of Las Sardinias cave (Mexico). *Subterranean biology*, 9: 113.
- Parisi, V., 2001. La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi. *Acta naturalia de l'Ateneo Parmense*, 37: 105-114.
- Parisi, V., Menta, C., 2008. Microarthropods of the soil: convergence phenomena and evaluation of soil quality using QBS-ar and QBS-c. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17: 1170-1174.
- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., 2003. Evaluation of soil quality and biodiversity in Italy: the biological quality of soil index (QBS) approach, *Agricultural Impacts on Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analysis*. Rome: Proceedings from an OECD Expert Meeting, pp. 1-12.
- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., Mozzanica, E., 2005. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105: 323-333.
- Petersen, H., 2002. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium. *Pedobiologia*, 46: 246-260.
- Petersen, H., Luxton, M., 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos*, 39: 288-388.
- Pomorski, R.J., Skarżyński, D., 1992. Collembola Polski: rysunkowy klucz do oznaczenia. *Biologica Silesiae*, Wrocław.
- Potapov, M., 2001. Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 3, Isotomidae. *Senckenberg Museum of Natural History Görlitz*.
- Richardson, B.A., Richardson, M.J., Soto-Adames, F.N., 2005. Separating the effects of forest type and elevation on the diversity of litter invertebrate communities in a humid tropical forest in Puerto Rico. *Journal of Animal Ecology*, 74: 926-936.
- Rusek, J., 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity & Conservation*, 7: 1207-1219.
- Salmon, S., Mantel, J., Frizzera, L., Zanella, A., 2006. Changes in humus forms and soil animal communities in two developmental phases of Norway spruce on an acidic substrate. *Forest ecology and management*, 237: 47-56.
- Santorufu, L., Van Gestel, C.A., Rocco, A., Maisto, G., 2012. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. *Environmental Pollution*, 161: 57-63.
- Sevgili, H., Özata, M.A., 2014. Checklist of the springtails (Hexapoda: Collembola) of Turkey. *Zoology in the Middle East*, 60: 162-168.
- Shachak, M., Boeken, B., Groner, E., Kadmon, R., Lubin, Y., Meron, E., Ne'Eman, G., Perevolotsky, A., Shkedy, Y., Ungar, E.D., 2008. Woody species as landscape modulators and their effect on biodiversity patterns. *Bioscience*, 58: 209-221.
- Shannon, C., Weaver, W., 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- SPSS, 2011. *IBM SPSS statistics base 20*. SPSS Incorporated, Chicago, IL.
- Stach, J., 1960. The Apterygotan fauna of Poland in relation to the world-fauna of this group of insects Tribe: Orchesellini. *Nakladem Polskiej Akademii Umiejetnosci*, Krakow.
- Swift, M.J., Heal, W., Anderson, J.M., 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. University of California Press, Berkeley.
- Thibaud, J.M., Schulz, H.J., da Gama Assalino, M.M., 2004. Synopses on Palaearctic Collembola; Vol. 4. Hypogastruridae. *Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz*, Germany.
- Venanzi, R., Picchio, R., Piovesan, G., 2016. Silvicultural and logging impact on soil characteristics in Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Mediterranean coppice. *Ecological Engineering*, 92: 82-89.
- 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.