

Toprak Akarları (Acari: Oribatida) ve Ekotoksikoloji

Emre İNAK Sultan ÇOBANOĞLU

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 06110, Dışkapı, Ankara

Özet

Toprak, içerisinde çok çeşitli organizmalar bulunduran kompleks bir ekosistemdir. Bu ekosistem içerisinde bulunan mikroartropodların %40' ını ise akarlar oluşturmaktadır. Toprak akarları içerisinde birçok grup olmakla birlikte, Oribatida alttakımına bağlı akarlar hem çeşitlilik hem de yoğunluk olarak en önemli gruplar arasındadır. Oribatid akarlar, toprakta organik madde ayrıştırıcısı olarak rol oynamaktadır. Bu nedenle bu akarların biyolojileri ve habitatlarını bilmek, topraklarda bulunan organik maddenin geri dönüşümünü daha iyi anlamak açısından çok önemlidir. Ayrıca bu derlemede, oribatid akarların biyoindikatör olarak kullanımı hakkında bilgiler verilmektedir. Bu bilgiler ışığında, oribatid akarların tanınması ve ekotoksikoloji çalışmalarında yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Acari, Oribatida, Ekotoksikoloji, Toprak akarları, Biyoindikatör

Soil Mites (Acari: Oribatida) and Ecotoxicology

Abstract

Soil is a complex ecosystem which contains a wide range of organisms. Soil mites represent 40% of total microarthropods in this ecosystem. Among the soil mite groups, Oribatida suborder is one the most important group because of its diversity and density. Oribatid mites have decomposer role in soil. Therefore, to know their biology and habitats are vital for better understanding of decomposing process. Also in this review, information about usage of oribatid mites as bioindicator are given. In light of this information, it is aimed to recognition and expansion of using oribatid mites in ecotoxicology studies.

Key words: Acari, Oribatida, Ecotoxicology, Soil mites, Bioindicator

Giriş

Toprak, içerisinde çok çeşitli arthropod türünü barındırabilen kompleks bir ekosistemdir. Bir avuç toprakta bile milyarlarca bakteri, 16 kilometreden fazla fungal hif bulunabilirken, metrekarede 400.000 akara kadar bulunabilmektedir (Hoy, 2011). Dahası, toprak mikroartropodlarının %40' ını akarlar oluşturmaktadır (Orgiazzi ve ark., 2016).

Akarlar, Chelicerata altşubesi ve Acari altsınıfına bağlı canlılardır. Önemli akar takımlarından Acariformes ve Parasitiformes' e ait bireyler toprakta bulunabilmektedir (Ruf ve Beck, 2005). Toprak akarları her türlü doğal toprak yapısını işgal edebilmekte ve bu sayede dünyanın her yerinde dağılım göstermektedirler. Mineral topraklarda,

yüzey ile 2-3 metre derinliğe kadar her yerde bulunabilmektedirler. Toprak akarları; kutuplarda ve tropik çöllerde metrekarede birkaç yüz birey bulunurken, ılıman ormanlarda bir milyon bireye kadar bulunabilmektedir (Orgiazzi ve ark., 2016).

Toprak mikroartropod faunasının önemli bir kısmını oluşturan oribatidler ve Collembola (Insecta)' lar içerisinde az sayıda predatör bulunurken, Prostigmata ve Mesostigmata alttakımlarındaki türlerin büyük çoğunluğu predatördür (Ruf ve Beck, 2005). Bu derlemede asıl olarak Oribatida alttakımına bağlı akarlardan bahsedilecektir.

Oribatida, Acari altsınıfına bağlı bir artropod alttakımıdır. Bu grup içerisinde 172 familya ve yaklaşık 10.000 tür bulunduğu tahmin edilmektedir (Norton ve Behan-

Pelletier, 2009; Roczen-Karczmarz ve Tomczuk, 2016). Ülkemizde ise 200 civarında Oribatid akar türü tespit edilmiştir (Per ve ark., 2015). Vücut uzunlukları 0.13-1.20mm arasında değişmektedir.

Oribatidler, Orta Devonian çağına ait bilinen en eski karasal fosillerdendir (Norton ve ark., 1988). Oribatid erginlerinin çoğunun, özellikle karasal alanlarda vücutlarını iyi koruyan sert, sıkı ve dayanıklı kütikulları bulunmaktadır. Bu kütikula doğada iyi korunduğu için fosil gözlemlerine imkan sağlamaktadır (Solhøy ve Solhøy, 2000). Oribatidler; tür çeşitliliği, kolonize oldukları habitat çeşitliliği, yaşam döngüsü varyasyonu, üreme modellerinin farklılığı ve morfolojik varyasyonları gibi özellikleri dikkate alındığında evrimsel süreçte çok başarılı bir grup olarak ön plana çıkmaktadır. Aynı zamanda, oribatidlerin en yoğun bulunan ve büyük olasılıkla en fazla tür çeşitliliğine sahip olan akar grubu olduğu bildirilmektedir (Gurvik, 2007).

Akarlar, küçük boyutlu canlılar olmasına rağmen toprak havalandırmasında önemli bir rol oynamaktadır. Toprağı ve toprak mikroplarını karıştırmakta ve dağıtmakta birlikte toprakta geri dönüşümde de rol oynamaktadır (Hoy, 2011). Bazı durumlarda ise, seralarda ve bazı tarla bitkilerinde; kök, yeşil aksam ve meyvede beslenen oribatidler, bitkilere küçük zararlar verebilmektedir (Jeppson ve ark., 1975; Zhang, 2003). Ancak bu akarlar çok yavaş ürediği için, tarımsal ürünlerde önemli zarara yol açmamaktadır (Hoy, 2011). Oribatidler, sebze ve meyvelere bulaşabilir ve yıkansa dahi akarların %50' si besin üzerinde kalmaya devam edebilmektedir (Skubala ve ark., 2006).

Oribatidlerin Biyolojisi

Oribatidler; düşük doğurganlık, uzun ergin öncesi ve ergin yaşam süresine, popülasyonlarını arttırmadaki düşük kapasitesine (buldukları ortamda genellikle çok yoğun bulunmalarına rağmen) ve böcek popülasyonları ile karşılaştırıldıklarında daha stabil bir

popülasyona sahiptirler (Lebrun ve van Straalen, 1995).

Oribatidlerin yaşam döngüleri 4-5 yıl kadar uzun sürebilmektedir. Oribatidlerin ergin hale gelmesi için geçen süre sıcaklığa göre değişmekle birlikte; küçük türler, yapısal olarak daha büyük olan türlere göre daha kısa gelişme süresi ve ömrüne sahiptir. Genellikle küçük türler bir yılda çok döl verirken, büyük türler tek döl verebilmektedir. Ayrıca, gelişme süreleri besinin yeterliliğine ve akar popülasyonun yoğunluğuna göre değişebilmektedir (Hoy, 2011).

Oribatidlerde eşeyli ve eşeysiz çoğalma görülebilmektedir. Eşeyli üremede çiftleşme hiçbir zaman görülmemekle birlikte, dolaylı sperm transferi görülmektedir (Hoy, 2011). Eşeysiz üreme ise çoğu zaman thelytoky ile olmaktadır ancak çok nadir olarak tarla veya laboratuvar koşullarında erkek bireylerinde bulunduğu bildirilmektedir (Lebrun ve van Straalen, 1995).

Yumurtalarını tek tek ya da eski deri parçasının içine bir küme halinde; ölü organik materyal parçaların altına, toprak boşluklarına bırakabilmektedir. Genellikle, dişi birey bir miktar yumurtayı hepsi olgun hale gelene kadar vücudunda korumakta ve hepsini birden tek bir kerede bırakmaktadır. Dişiler genellikle tek seferde 1-12 yumurta koymaktadır (Hoy, 2011).

Oribatid akarlarda 6 farklı biyolojik dönem görülmektedir. Bunlar yumurta, larva protonimf, deutonimf, tritonimf ve ergindir (Behan-Pelletier, 1999). Bu dönemler arasında deri değiştirme ve deri değiştirme öncesi dinlenme dönemleri görülmektedir. Bu durgun dönem yaşamsal olarak çok kritiktir. Çünkü bu dönemde; predatörlere karşı savunmasız bir halde olmasının yanı sıra akarın eski deriyi atmadığı için ölümlerin meydana geldiği de bilinmektedir (Lebrun ve van Straalen, 1995). Bir oribatid akarın yumurtadan ergin oluncaya kadar geçen süre, ılıman topraklar için birkaç ay ile iki yıl arası belirlenmiştir (Behan-Pelletier, 1999).

Oribatidler arasında morfolojik olarak iki farklı grup bulunmaktadır; Homeomorfik ve heteromorfik gruplar. Homeomorfiklerde,

erginin morfolojisi larva ve nimf ile çok benzerken, heteromorfiklerde ergin öncesi dönemler ergine benzemektedir. Heteromorfiklerdeki bu farklılık özellikle akarların teşhisi açısından büyük yanlışlıklara yol açabilmektedir, aynı türün bireylerinin farklı türler gibi algılanması söz konusu olabilmektedir. Homeomorfik oribatidlerin bütün biyolojik dönemleri bir arada yaşamaktadır ve aynı besini tüketmektedirler. Ancak heteromorfiklerde, ergin ve ergin öncesi dönemin mikrohabitatları, hatta besin ihtiyaçları bile farklılaşmıştır (Lebrun ve van Straalen, 1995).

Oribatidlerin Habitatları

Oribatidlerin, organik maddeyi ayrıştırma yetenekleri vardır. Ölü organik madde, liken ve funguslarla beslenebildikleri için saprofag olarak bilinmektedirler (Erdmann ve ark., 2007). Oribatidler, dünya üzerindeki her enlem ve boylamda hatta en derin inorganik toprak tabakalarında dahi bulunabilmektedir (Andre ve ark., 1994). Toprağın üst katmanı dışında, mineral topraklarda (mağaralarda yaşayan endemik türler), sucul ekosistemlerde ve karasal habitatlarda (kaya, uçurum, kabuk, epifitik ve epilitik bitki örtüler vb.) bulunabilmektedirler. Ayrıca, küçük mikrohabitatlarda da (gübre, kuş yuvası, fungus miselleri, mantarlar, koniferlerin iğne yapraklarının içi, yiyecek ürünler vb.) çok başarılı olarak kolonize olmuşlardır. Bunların dışında, lumbricid galerileri, orkidelerin toprak dışında bulunan hava kökleri, curculionid böceklerin elitra boşlukları ve karınca yuvaları gibi çok özelleşmiş mikrohabitatlarda yaşamlarını sürdürmektedirler (Lebrun ve van Straalen, 1995). Hatta ve hatta insan yapımı çevrelerin bile bazı endemik oribatid türleri tarafından istila edildiği bilinmektedir. Tagami ve ark. (1992), Japonya’ da bulunan yüzme havuzlarında gerçekleştirdiği çalışmada endemik olan *Trimalaconothrus* türlerinin bulunduğunu bildirmişlerdir.

Oribatidlerin önemli bir özelliği, istila ettikleri bütün mikrohabitatlarda popülasyon yoğunluklarının son derece fazla olmasıdır

(Lebrun ve van Straalen, 1995). Bunun sonucu olarak, bu akarlar özellikle parçalanmış organik maddenin yüksek olduğu ekosistemlerde en yoğun bulunan arthropod grubudur. Yoğunluklarının çok fazla olmasının yanında, oribatid tür sayısı olarak da çok zengindir. Ilıman bir orman toprağında metrekarede 100’den fazla oribatid türü bulunabilmektedir (Lebrun ve van Straalen, 1995). Bu inanılmaz ekosistem çeşitliliğine sahip olması, oribatid akarların ne kadar adaptasyon yeteneği güçlü arthropodlar olduğunu göstermektedir.

Birçok oribatid türü Antartika kıtasında bile yaşamını sürdürebilmektedir. Bu akarlar böylesine soğuk hava koşullarına adapte olması için çeşitli soğuğa dayanım mekanizmaları geliştirmiştir. Antartika türleri arasında en çok çalışılan tür ise *Alaskozetes antarcticus* olarak bildirilmiştir (Walter ve Proctor, 2013). Buna karşılık, çöllerde de kolonize olan oribatid türleri bulunmaktadır (Lebrun ve van Straalen, 1995). Bu ekstrem hava koşullarında dahi oribatid akarların bulunması, adaptasyon yeteneklerine iyi bir örnektir.

Oribatidlerin genellikle yüksek toprak nemli alanları tercih ettiği bilinirken, düşük neme ise oldukça hassastırlar (Gergocs ve Hufnagel, 2009). Toprak derinliği arttıkça oribatidlerin yoğunluğu ve çeşitliliği düşmektedir. Oribatid akarların çok büyük bir kısmı toprağın 7-8 cm’ lik kısımda bulunmaktadır. Morfolojik olarak bir akardan çok nematoda benzeyen *Gordialycus* spp. (Prostigmata: Nematalycidae), 2 metre ve daha derin topraklarda bulunabilmektedir.

Sıklıkla ve derinden uygulanan toprak işleme, tarımsal alanlarda bulunan toprak organizmalarının sayısını düşürürken; toprak işlememe ya da şerit halinde toprak işleme toprak organizmalarının devamlılığını ve çeşitliliğini sürdürebilmeleri için daha uygun yöntemlerdir. Ayrıca, toprak sıkıştırılması ve pestisitler de toprak organizmalarını azaltmaktadır (Hoy, 2011). Dolayısıyla pestisitler oribatidleri öldürerek organik madde parçalanma süresine negatif etkiye bulunmaktadır. Ancak, saprofag arthropodların doğal düşmanlarını

öldürebildiği için, bazı durumlarda olumlu etkileri de bulunabilmektedir (Hoy, 2011).

Ekotoksikolojideki yeri

Toprak omurgasızlarına karşı pestisitlerin etkilerinin gözlenmesiyle birlikte, 1960'lı yıllarda toprak ekotoksikolojisi çalışmaları geliştirilmeye başlanmıştır (van Gestel, 2012). Özellikle Rachel Carson' un 1962 yılında yayınlanan "Sessiz Bahar" isimli kitabı, ikinci dünya savaşından sonra kullanımı hızla artan sentetik pestisitlerin hedef dışı organizmalara verdiği zararlar ekotoksikolojinin ilk ve en önemli çalışmaları arasındadır.

Toprak kirliliğini belirlemede klasik yöntemler olarak; toprak özelliklerinin belirlenmesi ve kirleticinin miktarının ölçülmesi gibi yöntemler kullanılmaktaydı. Ancak, toplam kirletici miktarının toksisite ile korelasyon içinde olmamasından dolayı, bu tür klasik yöntemler toprak organizmalarına olan etki hakkında bilgi vermemektedir (Huguier, 2015). Ancak, daha sonraları toprak mikroarthropodlarının, toprakta yapılan uygulamalara karşı tepki oluşturmada ki hassaslıkları kullanılmaya başlanmıştır (Parisi

ve ark., 2005). Bu tür canlılara biyoindikatör denmektedir.

Canlılar içinde buldukları habitatlara uzun süreler sonunda adapte oluşturur ve bu habitatteki bozulmalara tepki vermektedir. Bu çevresel bozulmalar, özellikle de ekosistem kirlenmeleri bazı türlerin popülasyonlarına zarar verirken, bazı ekolojik toleransı geniş olan, dayanıklı ve fırsatçı türlerin yararına olabilmektedir. Her iki koşulda da bunlar kirlenme tiplerinin habercisi olmaktadır (Başçınar, 2009).

Biyoindikatörlerin izleme programlarında devamlı bir şekilde kullanımı, erken dönemdeki çevresel değişiklikleri tespit etmede veya çevre kalitesini arttırmaya yönelik atılan adımları değerlendirmede yardımcı olabilmektedir (van Straalen, 1998).

Toprak arthropodlarını kullanarak yapılan ekotoksikolojik değerlendirme, 9 farklı ilke olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 1). Bunlar arasında çok değişkenli istatistikler ile ekofizyolojik sınıflandırmanın kombinasyonunun, iyi bir spesifiklik ve ayırım sağlayacağı bildirilmiştir (van Straalen, 1998).

Çizelge 1. Toprak arthropodlarının ekotoksikolojik belirteç olarak kullanımı (– düşük, + yüksek) (van Straalen, 1998)

Table 1. Usage of soil arthropods as ecotoxicological indicators (- low, + high)

Sınıflandırma ilkeleri	Spesifiklik	Ayırım Gücü
Tek indikatör türü	+	-
Türlerin birbirine oranı	+	-
Tür çeşitliliği	-	-
Baskın yapı	-	+
Çok değişkenli istatistikler	-	++
Yaşam döngüsü	-	+
Beslenme tipi	++	+
İşlevsel gruplama	++	+
Ekofizyolojik tipler	++	+

Akarların ekolojik duyarlılıklarının, toksik maddelerin tespiti ve miktarların belirlenmesinde kullanması, 1979 yıllarına kadar eskiye gitmektedir (Lebrun, 1979).

Oribatidlerin ekolojik istekleri birbirlerinden çok farklı olabilmektedir. Bu özellikleri sayesinde farklı türleri

biyoindikatör olarak kullanmak mümkün hale gelmektedir (Gergocs ve Hufnagel, 2009).

Ayrıca, şehirler ve endüstriyel bölgelerde, çok yoğun bozulmuş ekosistemlerde toprak akarları birincil habitatın son göstergelerinden olabilmektedir (birincil habitat: şehir/fabrika

yapılanmasından önce de habitatta bulunmakta olan türler) (Orgiazzi ve ark., 2016). Dolayısıyla, yapılaşma ve sanayileşmenin çok fazla olduğu günümüz koşulları için, akarlar önemli bir biyoindikatör grubunu oluşturmaktadır.

Akarlar kimyasal kirlenmeye maruz kaldıklarından, pestisitlerin çevresel risk değerlendirmelerinde hedef dışı zararlılar olarak görülmektedirler (EC, 2013). Özellikle Mesostigmata ve Cryptostigmataya ait bireyler ekotoksikolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Mesostigmatada sadece *Hypoaspis aculeifer* (Acari: Laelapidae) türünden bahsedilecektir. Çünkü bu tür, toprak arthropodları içerisinde, OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) tarafından test metodu onaylanan ve standartlaştırılan tek predatör organizmadır (Huguier, 2015). *H. aculeifer*, toprakta yaşayan bir akar türü olup; döl süresinin bir ay gibi bir süre olması, genel predatör olması ve kolaylıkla yetiştirilebilmesi gibi özelliklerinden dolayı ekotoksikolojik testlere çok uygun bir canlı türüdür.

Oribatidlerin, besin yetersizliği, toksik etkiler, ani iklim değişiklikleri gibi kısa süreli çevresel değişimlere kısıtlı tepkiler verebilmektedir (Mitchell, 1977). Ancak çevreleri zarar gördüğü zaman popülasyonları çok çabuk düşüş göstermektedir. Bu özellik bize, oribatidler sayesinde çevresel bozulmaları çok çabuk tespit etmede kullanılabilecek bir olanak sunmaktadır. Ayrıca, katı dış iskelete sahip olan toprak canlıları fosilleşmeye daha uygundur. Bu fosiller de ekotoksikolojide kullanımda fayda sağlamaktadır (Krivolutsky ve Druk, 1986).

Çoğu oribatid türleri; uzun yaşam süresi, düşük yumurta koyma özellikleri, yavaş gelişimleri ve düşük dağılma kabiliyetleri sayesinde güçlü indikatörler olabilmektedir. Toprakta bulunan akar popülasyon yapısının değişmesi (Oribatidten Prostigmataya doğru), stres durumundaki akar popülasyonları için bir "erken uyarı" olabilmektedir. *Tectocepheus velatus* (Micheal 1880) ve benzer yaşam özelliklerine benzer diğer oribatid akar türleri, yoksul bir ekosistem için

indikatör olmaktadır. Northroidae ve Ptyctimina gruplarının tür sayıları ve bulunma yoğunlukları, bir alana insan etkisi oldukça düşmektedir (Gulvik, 2007). Oribatid akarların bozulmuş alanlara adapte olabilmesi için ise 4-7 yıl gerekmektedir (Hoy, 2011).

Neredeyse bütün çalışmalar, tarımsal faaliyetlerin oribatid akarların yoğunluk ve çeşitliliğinde düşüşe neden olduğunu bildirmektedir (Gergocs ve Hufnagel, 2009). Tarımsal faaliyetler sonucu toprak özelliklerinin ve karakterinin değişmesi, pestisit uygulanması, sulama, toprak sürümü, hasat, yakma ve bitki artıklarının tarladan toplanması gibi nedenlerden oribatidler de etkilenmektedir (Gergocs ve Hufnagel, 2009). Ayrıca akarlar, kemotaksilerini kullanarak istenmeyen ortamı tespit edebilmekte ve uzaklaşabilmektedir (Hall ve Hedlund, 1999). Örneğin; Amerika' da bulunan ormanların topraklarında, yaklaşık 0.093 metrekare alana 10.000-25.000 arthropod bulunurken, tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü toprakta yaklaşık 100 arthropod bulunduğu tahmin edilmektedir (Hoy, 2011).

Battigelli ve ark. (2004), organik maddenin ortamlardan uzaklaştırıldığında, oribatidlerin yoğunluk ve tür sayısının düştüğünü bildirirken; Berch ve ark (2007), toprağın üst kısmının uzaklaştırıldığı bir denemede, kontrol ve diğer alanlar arasında bir farkın olmadığını bildirmiştir. Gergocs ve Hufnagel (2009) ise bitki artıklarının topraktan uzaklaştırılmasının oribatid popülasyonunda düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu bitki artıklarının; toprağın üst katmanlarındaki sıcaklık dalgalanmalarını ve nem kaybını azaltması ve akarlar için besin kaynağı sağlaması gibi özelliklerinden dolayı oribatid popülasyonu ile korelasyon içerisinde olduğunu bildirmişlerdir.

Birçok oribatid türü farklı pH tercihlerine sahiptir. Bu özellik, oribatidleri asit yağmurları ve diğer hava kirleticilerinden kaynaklanan asitleşmenin iyi bir belirteci haline getirebilmektedir (Walter ve Proctor, 2013). Bazı durumlarda, asit yağmurlarından kaynaklanan azot ve kükürtün, topraktaki besleyici rolünden dolayı akar

popülasyonunun artma eğilimi gösterdiği bilinmektedir (Heneghan ve Bolger, 1996a,b). Aşırı dozda uygulanan fosfor gübresi ise, oribatid popülasyonunda azalmaya neden olduğu ve bunun muhtemel nedeninin ise fosforun topraktaki fungal biyokütleyle olan dolaylı etkisi olduğu bildirilmiştir (Cao ve ark., 2011).

İlk olarak test metodları üzerinde çalışılan oribatid türü *Platynothrus peltifer* (Camisiidae)'dir. Bu türün aşırı alkali kısımları tercih ettiği bildirilmiştir (Van Straalen, 1998). Ancak çok uzun gelişme süresi ve kimyasallara maruz bırakılması süresinin çok uzun olmasından dolayı bu tür uygun bulunmamıştır. *P. peltifer* yerine, *Archezogozetes longisetosus* (Trhypochthoniidae) ve *Oppia nitens* (Oppiidae) türleri üzerinde durulmuştur. *O.nitens* türü de *H. aculeifer* gibi standart test protokülüne sahip olan bir akar türüdür (Huguier, 2015). Laboratuvar ortamına alınan bir *Damaeus* türü için, spermatorun koyuluş sıklığı ve sayısı, geç ve subletal ekotoksikolojik etki belirlemede, çok kolay, hızlı ve etkili bir yöntem olabilmektedir (Lebrun ve van Straalen, 1995).

Sonuçlar

Sağlıklı bitki yetiştirme sisteminin sürdürülebilir olması için örtü bitkileri, ürün rotasyonu, kompost ve bitki kalıntılarının toprak kalitesi, toprak flora ve faunasına etkileri iyi bir şekilde anlaşılmalıdır (Hoy, 2011). Sağlıklı bitkiler hastalık ve zararlılara karşı daha dayanıklı olacağından, pestisit kullanımını da dolaylı olarak azaltacaktır. Dolayısıyla toprak faunasının en iyi şekilde korunması gerekmektedir.

Kırsal ya da şehirsal alanlarda bulunan, yüksek tür çeşitliliği ve yoğunluğuna sahip doğal ve yarı-doğal alanlar (nehir kıyısı ekosistemleri, eski orman alanları, çalılıklar, çayır ve meralar vb.) korunmalıdır. Çünkü bu alanlar diğer toprak faunaları için rezerv olabilmekte ve akarlar buralardan diğer alanlara yayılabilmektedir (Gulvik, 2007). Ağır makinalaşma ve biosit kullanımı azaltılabilirse, tarımsal topraklardaki

arthropod popülasyonları daha iyi bir hale gelebilir (Hoy, 2011).

Ekotoksikoloji belirlemelerinde sıklıkla kullanılan LC50 (Lethal concentration) ya da LD50 (Lethal dose) değerleri çok iyi bir göstergeç değildir. Çünkü bu değerler bize toksik maddenin oribatidlerin gelecek popülasyonlarını nasıl etkileyeceği hakkında bilgi vermemektedir (Van Straalen ve ark., 1989). Dolayısıyla, doğrudan öldürücü etkinin yanında, dişi ve erkek bireylerin üreme verimliliği, davranışları, nörofizyolojileri, beslenme davranışları ve büyümeleri gibi faktörler de ekotoksikoloji çalışmalarında büyük önem kazanmaktadır ve bu çalışmaların hızla arttırılması gerekmektedir.

Avrupa birliğinde pestisit ruhsatlandırma sürecinde, *H. aculeifer* türüne karşı ölüm ve üreme testleri düzenli olarak istenmektedir (Huguier, 2015). Ülkemiz için de aynı testlerin sıklaştırılması ve kendi coğrafyamızın popülasyonları ile bu testlerin yapılması gerekmektedir. Ancak, *H. aculeifer* türünün test protokolü standartlaşmasına rağmen, bu türün ekolojik istekleri tam olarak bilinmemektedir. Türün tercih ettiği toprak nemi, pH gibi özelliklerin kabul edilebilir sınırları bilinmediğinden, bu konularda çalışmaların devam etmesi gerekmektedir (Huguier, 2015). Ekotoksikoloji çalışmalarında kullanılan rol organizmalar ile ilgili standart test protokollerinin sürekli olarak gözden geçirilmesi ve ekolojik isteklerinin kabul edilebilir sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Ülkemiz oribatid çeşitliliğinin ortaya çıkarılmasına yönelik çalışmaların artması ve tespit edilen türlerin hangi ekotoksikolojik göstergeçler ile bağlantılı olduğunu tespit etmek gerekmektedir. Organik madde içeriği olarak çok zengin olduğu bilinen üst toprak katmanlarının anız yakmaya maruz bırakılmaması birçok canlı türü için olduğu gibi oribatid akarların korunması için de çok önemlidir.

Ayrıca, tarımsal alanlarda çok sık uygulanan geleneksel toprak işleme yerine koruyucu toprak işlemenin uygulandığı alanlarda organik maddenin daha yüksek

olduğu bildirilmektedir (Aykas ve ark, 2005). Tarım alanlarında oribatid akarların besin içeriğini korumak ve arttırmak amacıyla bu

tip çevre dostu uygulamaların desteklenmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- André HM, Noti MI, Lebrun P, 1994. The soil fauna: the other last biotic frontier. *Biodiversity and Conservation*, 3 (1): 45-56.
- Aykas E, Yalçın H, Çakır E, 2005. Koruyucu toprak işleme yöntemleri ve doğrudan ekim. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42 (3): 195-205.
- Başçınar NS, 2009. Bentik canlılar ve biyoindikatör tür. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2009 (1): 5-8.
- Battigelli JP, Spence, JR, Langor DW, Berch SM, 2004. Short-term impact of forest soil compaction and organic matter removal on soil mesofauna density and oribatid mite diversity. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne de Recherche Forestiere*, 34 (5): 1136-1149.
- Behan-Pelletier VM, 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agriculture, ecosystems & environment*, 74 (1): 411-423.
- Berch SM, Battigelli JP, Hope GD, 2007: Responses of soil mesofauna communities and oribatid mite species to site preparation treatments in high-elevation cutblocks in southern British Columbia. *Pedobiologia*, 51 (1): 23-32.
- Cao Z, Han X, Hu C, Chen J, Zhang D, Steinberger Y, 2011. Changes in the abundance and structure of a soil mite (Acari) community under long-term organic and chemical fertilizer treatments. *Applied Soil Ecology*, 49: 131-138.
- Erdmann G, Otte V, Langel R, Scheu S, Maraun M, 2007. The trophic structure of bark-living oribatid mite communities analyzed with stable isotopes (N-15 C- 13) indicates strong niche differentiation. *Experimental and Applied Acarology*, 41: 1-10.
- European Commission 2013. Commission Regulation 283/2013 of the European Parliament and of the Council of 1 March 2013 setting out the data requirements for active substances, in accordance with Regulation (EC) 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market. *OJEU L93:1-84*
- Gergocs V, Hufnagel L, 2009. Application of oribatid mites as indicators. *Applied ecology and environmental research*, 7 (1): 79-98.
- Gulvik M, 2007. Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review. *Polish Journal of Ecology*, 55 (3): 415-440.
- Hall M, Hedlund K, 1999. The predatory mite *Hypoaspis aculeifer* is attracted to food of its fungivorous prey. *Pedobiologia*, 43:11-17.
- Heneghan L, Bolger T, 1996a. Effects of acid rain components on soil microarthropods: a field manipulation. *Pedobiologia*, 40 (5): 413-438.
- Heneghan L, Bolger T, 1996b. Effect of components of acid rain on the contribution of soil microarthropods to ecosystem function. *Journal of Applied Ecology*, 33 (6): 1329-1344.
- Hoy, M.A., 2011. *Agricultural Acarology: Introduction to Integrated Mite Management*. CRC press, Boca Raton, 410 pp.
- Huguier P, Manier N, Owojori OJ, Bauda P, Pandard P, Römbke J, 2015. The use of soil mites in ecotoxicology: a review. *Ecotoxicology*, 24 (1): 1-18.
- Jeppson LR, Keifer HH, Baker EW, 1975. *Mites Injurious to Economic Plants*. Berkeley: University of California Press, USA, 614 pp.
- Krivolutsky DA, Druk AY, 1986. Fossil oribatid mites. *Annual review of entomology*, 31 (1): 533-545.
- Lebrun P, 1979. Soil mite community diversity. *Recent advances in acarology*, 1: 603-613.

- Lebrun P, Straalen NM, 1995. Oribatid mites: prospects for their use in ecotoxicology. *Experimental and Applied Acarology*, 19 (7): 361-379.
- Mitchell MJ, 1977. Population dynamics of Oribatid mites Acari Cryptostigmata in an aspen woodland soil. *Pedobiologia*, 17(5): 305.
- Norton RA, Bonamo PM, Grierson JD, Shear WA, 1988. Oribatid mite fossils from a terrestrial Devonian deposit near Gilboa, New York. *Journal of Paleontology*, 62(2): 259-269.
- Norton RA, Behan-Pelletier VM, 2009. Oribatida. Alınmıştır: A Manual of Acarology, 3rd edition (ed) G.W. Krantz ve D.E. Walters”, Lubbock: Texas Tech University Press, USA, 430–564.
- Orgiazzi A, Bardgett RD, Barrios E, Behan-Pelletier V, Briones MJ, Chotte JL, De Deyn GB, Eggleton P, Fierer N, Fraser T, Hedlund K, Jeffery S, Johnson NC, Jones A, Kandeler E, Kaneko N, Lavelle P, Lemanceau P, Miko L, Montanarella L, Moreira FMS, Ramirez KS, Scheu S, Singh BK, Six J, van der Putten WH, Wall DH, 2016. Global soil biodiversity atlas. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 176pp.
- 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 (1): 323-333.
- Per S, Taşdemir A, Ayyıldız N, 2015. Türkiye faunası için yeni oribatid akarlar (Acari, Oribatida), Türkiye entomoloji bülteni, 5 (1): 29-34.
- Roczen-Karczmarz M, Tomczuk K, 2016. Oribatid mites as vectors of invasive diseases. *Acarologia*, 56 (4): 613-623.
- Ruf A, Beck L, 2005. The use of predatory soil mites in ecological soil classification and assessment concepts, with perspectives for oribatid mites. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62 (2): 290-299.
- Solhøy IW, Solhøy T, 2000. The fossil oribatid mite fauna (Acari: Oribatida) in late-glacial and early-Holocene sediments in Kråkenes Lake, western Norway. *Journal of Paleolimnology*, 23(1): 35-47.
- Tagami K, Ishihara T, Hosokawa JI, Ito M, Fukuyama K, 1992. Occurrence of aquatic oribatid and astigmatid mites in swimming pools. *Water research*, 26(11): 1549-1554.
- van Gestel CA, 2012. Soil ecotoxicology: state of the art and future directions. *ZooKeys*, 176: 275-296.
- van Straalen NM, 1998. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Applied Soil Ecology*, 9 (1): 429-437.
- van Straalen NM, Denneman, C.A., 1989. Ecotoxicological evaluation of soil quality criteria. *Ecotoxicology and environmental safety*, 18 (3): 241-251.
- Walter DE, Proctor HC, 2013 *Mites: ecology, evolution & behaviour*. Springer, UK, London, 494 pp.
- Zhang ZQ, 2003. *Mites of Greenhouses: Identification, Biology, and Control*. CAB International, U.K, Wallingford, 244 pp.