



مقاله پژوهشی

تنوع گونه‌های اریبیتید در دو بوم‌سازگان کشاورزی در استان خراسان رضوی، ایران

تکتم فرزانه^۱، محمدعلی اکرمی^۲✉، عباس محمدی خرم‌آبادی^۳

۱، ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد کنه شناسی، بخش گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران؛

۳- استادیار، بخش تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، ایران

(تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۴۰۰)

چکیده

در این پژوهش تنوع گونه‌های اریبیتید در دو بوم‌سازگان کشاورزی در استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری‌ها از یک مزرعه یونجه سه ساله به مساحت دو هکتار و یک باغ درختان میوه سردسیری به مساحت ۰/۶ هکتار، از اول فروردین تا پایان شهریور ۱۳۹۳ به صورت ماهانه انجام گرفت. در هر ماه، ۱۰ نمونه خاک با حجم یکسان و به صورت تصادفی از عمق ۰-۲۰ سانتی متری و در مجموع ۶۰ نمونه از این دو بوم‌سازگان برداشته شد. جداسازی با قیف برلیز و پس از شفاف‌سازی و تهیه اسلاید، هر نمونه بر اساس صفات ریخت‌شناسی بیرونی مورد شناسایی و به‌عنوان گونه مورفولوژیک در نظر گرفته شد. ترکیب ساختار گونه‌ای، شاخص‌های تنوع گونه‌ای و یکنواختی آلفا و نیز تخمین غنای گونه‌ای حداکثر در هر دو بوم‌سازگان با استفاده از پنج روش متداول ناپارامتری انجام شد. از مجموع ۱۴۲۵ فرد جمع‌آوری شده، ۱۰۹۷ فرد در قالب ۴۰ گونه به بوم‌سازگان باغی و ۳۲۸ فرد در قالب ۲۵ گونه به بوم‌سازگان یونجه تعلق داشتند. بوم‌سازگان باغی از غنای گونه‌ای (تعداد گونه) و تنوع گونه‌ای بالاتر و از نظر پراکنش فراوانی گونه‌ها در جامعه از یکنواختی بیشتری نسبت به بوم‌سازگان یونجه برخوردار بود. تخمین غنای حداکثر (S_{max}) در این دو بوم‌سازگان با استفاده از پنج روش متداول نشان داد که تعداد گونه‌های قابل کشف در بوم‌سازگان یونجه ۵۴ و در بوم‌سازگان باغی ۱۸۵ گونه تخمین زده می‌شود. دلایل احتمالی تغییرات تنوع گونه‌ای جامعه کنه‌های اریبیتید در این دو بوم‌سازگان مورد بحث قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: ساختار جامعه، غنای گونه‌ای، فراوانی، کنه‌های خاکی

Oribatid mite species diversity in two agricultural ecosystems of Khorasan-e-Razavi Province, Iran

T. FARZANEH¹, M.A. AKRAMI²✉, A. MOHAMMADI-KHORAMABADI³

1, 2. MSc student, Professor, of Acarology respectively and Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran; 3. Assistant Professor, Department of Plant Production, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran

Abstract

This study was carried out to investigate oribatid mite species diversity of two agricultural ecosystems in Khorasan-e-Razavi Province. Samplings have been done monthly in a three-year old alfalfa field with an area of two hectares, and a fruit orchard with an area of 0.6 hectare from April to October 2014. In each month, 10 soil samples were randomly taken with equal volumes from depth of 0-20 cm, totally 60 samples. Berlese funnel was used to extract the oribatid mites and collected individuals were then cleared, mounted on microscope slides and identified based on external morphological characters and supposed as morphological species. Community structure, Alfa diversity indices and nonparametric estimation of maximum species richness in both ecosystems with five relevant methods were determined. From the total 1425 collected individuals, 1097 individuals including 40 species and 328 individuals including 25 species were belonged to the orchard and alfalfa ecosystems, respectively. The orchard ecosystem has a higher species richness as well as species diversity compared to that of the alfalfa one. The relative abundance of oribatid species in the orchard was also more equitable than that of alfalfa field. Estimation of the maximum species richness (S_{max}) in these two ecosystems with the five relevant methods showed that the number of detectable species in alfalfa and orchard ecosystems will increase to 54 and 185 species, respectively. The probable indications on the change in the oribatid mite species diversity in these two ecosystems are discussed.

Keywords: Abundance, community structure, edaphic mites, species richness

✉ E-mail: akrami@shirazu.ac.i

©2022, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

مقدمه

تنوع زیستی به فراوانی یا گوناگونی جوامع زنده از گیاه و جانور تا زندگی میکروبی اشاره دارد و در سطوح مختلف حیات شامل ژن، گونه و بوم‌سازگان تعریف شده است (Bakhshi Khaniki, 2012). آنچه امروز بر اهمیت تنوع زیستی می‌افزاید، نقش آن در حفظ ثبات بوم‌سازگان‌هاست، زیرا حضور گونه‌های بیشتر در یک منطقه، باعث پیچیده‌تر شدن ساختار بوم‌سازگان‌ها شده و در نتیجه این بوم‌سازگان‌ها در واکنش به تغییرات مختلف زیست‌محیطی از توانایی بیشتری برخوردار بوده و ثبات خود را بهتر حفظ می‌کنند. به عبارت دیگر تنوع زیستی بالاتر بوم‌سازگان‌ها باعث پایداری بیشتر آن‌ها خواهد بود (Jenkins and Parker, 1999). بنابراین تنوع زیستی به‌عنوان یک نشانه از سلامت سیستم‌های اکولوژیکی به‌کار می‌رود و تصویری از سلامتی زیست‌بوم را فراهم می‌کند. تنوع بالاتر به معنی کیفیت اکولوژیکی بالاتر و تنوع پایین به معنی کیفیت پایین و احتمال وجود آلودگی، دستکاری، یا تخریب در زیست‌بوم است (Maiti and Maiti, 2017).

خاک یکی از متنوع‌ترین زیستگاه‌ها روی کره زمین است و موجوداتی که در آن زندگی می‌کنند برای تداوم حیات ضروری بوده و همگی در سالم نگهداشتن خاک و پشتیبانی از حیات با یکدیگر همکاری می‌کنند. علاوه بر این، خاک یک جزء مهم برای نظارت بر نحوه استفاده از زمین در ارتباط با حفاظت منابع طبیعی و تنوع زیستی بوم‌سازگان‌هاست. جوامع بندپایان خاکزی، بخش بدون نقصی از یک بوم‌سازگان با عملکرد خوب می‌باشند. این جوامع اغلب به‌عنوان شاخصی از سلامت عمومی یک منطقه به‌کار می‌روند. بندپایان خاک، تأثیر شدیدی بر فرآیندهای زیستی بوم‌سازگان‌ها مانند تجزیه مواد آلی و رهایی مواد معدنی در خاک دارند (Ramezani and Mossadegh, 2014). در میان موجودات مختلف خاکزی، کنه‌های زیرراسته نهان‌استیگمایان (اریباتیدا)، از تنوع گونه‌ای و اهمیت بیواکولوژیکی فراوانی برخوردار هستند. همگام با شناسایی و رده‌بندی اریباتیداها، مطالعه زیادی در زمینه نقش این کنه‌ها در

محیط زیست صورت گرفته و نشان می‌دهد که این گروه جایگاه ویژه‌ای در بوم‌سازگان‌ها و بویژه زیستگاه‌های درون خاک ایفا می‌کنند. نقش اریباتیداها به‌عنوان عیارسنج‌های اکولوژیکی تعیین‌کننده میزان آلاینده‌های هوا و خاک از جنبه‌های حائز اهمیت این کنه‌ها محسوب می‌شود. از این رو این کنه‌ها را در آزمایش‌های اکوتوکسیکولوژی مورد توجه قرار می‌دهند (Akrami, 2011). به همین منظور و بر اساس تنوع گونه‌ای، تراکم جمعیت بالا و حساسیت آن‌ها به تغییرات محیطی، این کنه‌ها را به‌عنوان شاخص‌های مناسب سیستم‌های خاکزی در نظر می‌گیرند (Ramezani and Mossadegh, 2014).

در نیم قرن گذشته کشاورزی پرنهاده باعث افزایش عملکرد محصولات کشاورزی گردیده و این افزایش مصرف نهاده‌های کشاورزی با کاهش فراوانی و تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری همراه بوده است (Pimentel et al., 1997). در این میان جمعیت بندپایان در جهان به‌طور قابل ملاحظه‌ای رو به افول است و یکی از دلایل اصلی این کاهش جمعیت، افزایش فعالیت‌های انسانی مانند تخریب محیط زیست و تبدیل آن به‌امکان مسکونی یا صنعتی و یا شخم زدن زمین، به‌کار بردن آفت‌کش‌ها، برداشت محصول، چرای دام‌ها و ... در بوم‌سازگان‌های کشاورزی می‌باشد. تنوع اریباتیداها نیز همانند دیگر بندپایان تحت تاثیر این فعالیت‌ها قرار می‌گیرد. روش‌های مدیریت زراعی مانند شخم، کاربرد آفت‌کش‌ها و کودها و متراکم شدن خاک در حین برداشت می‌تواند محیط زندگی موجودات خاکزی را تحت تأثیر قرار دهد (Kamczyk and Gwiazdowicz, 2009). این جوامع خاکزی از طریق تغییر در فراوانی، غنای گونه‌ای و شاخص‌های تنوع زیستی به این روش‌های مدیریت کشاورزی پاسخ می‌دهند (Chust et al., 2003). ثابت شده که تمام انواع دستکاری‌های بشری، فراوانی و غنای گونه‌ای کنه‌ها به‌خصوص اریباتیداها را کاهش می‌دهد و از آنجایی که این گروه نقش مؤثری را در فرآیندهای خاکی بازی می‌کنند، بررسی تخمین تأثیرات عملیات کشاورزی روی جمعیت آن‌ها و غنای گونه‌ای آن‌ها،

کنه‌های خاکزی می‌باشد، استفاده گردید. هر نمونه بسته به میزان رطوبت آن ۲۴ تا ۴۸ ساعت در قیف قرار گرفت. با استفاده از استریومیکروسکوپ، کنه‌های اریباتید جمع‌آوری شده در قیف برلر از سایر موجودات خاکزی جداسازی گردیدند. به منظور شفاف‌سازی کنه‌ها از محلول نسبی استفاده گردید. پس از شفاف شدن کنه‌ها، از آنها اسلاید میکروسکوپی تهیه شد. شناسایی کنه‌ها با استفاده از کلیدهای شناسایی و توصیف‌های موجود با استفاده از ویژگی‌های ریخت شناسی بیرونی صورت گرفت. هر گونه به‌عنوان یک گونه مورفولوژیک در نظر گرفته شد. سپس تعداد فرد هر گونه در هر نمونه، ماه و زیستگاه ثبت گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

منحنی رتبه - فراوانی (Rank- Abundance graph): منحنی رتبه-فراوانی برای بررسی فراوانی نسبی گونه‌ها در بین نمونه‌ها است. در این نمودارها وسعت منحنی نشان دهنده غنای گونه‌ای و شیب آن معرف یکنواختی در توزیع و فراوانی گونه‌هاست (Akafi and Ejtehadi, 2007).

منحنی تجمع گونه (Species- Accumulation curve): برای تخمین تعداد گونه‌ها در یک منطقه خاص استفاده می‌شود. این منحنی همچنین به منظور نشان دادن کافی بودن نمونه‌برداری در یک منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Thompson and Withers, 2003).

تعیین تنوع گونه‌ای آلفا: به منظور محاسبه تنوع گونه‌ای آلفا، از چهار شاخص شانون-واینر^۱، سیمپسون^۲، مارگالف^۳ و مک اینتاش^۴ (به ترتیب رابطه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴) و به منظور محاسبه ی ضرایب یکنواختی از شاخص‌های یکنواختی پیلو^۵، مکینتاش، سیمپسون، NHC و هیپ^۶ (به ترتیب رابطه‌های ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹) استفاده شد.

لازم و ضروری می‌باشد (Ramezani and Mossadegh, 2014). با وجود اهمیت تنوع زیستی، اطلاعات در مورد برهم کنش‌های بین تنوع اجزا و کارکرد بوم‌سازگان‌های کشاورزی به‌ویژه در ایران بسیار اندک بوده و در مطالعات معدودی که انجام گرفته عمدتاً به تنوع ژنتیکی توجه شده است. هدف از این پژوهش، مطالعه تنوع گونه‌ای و برآورد غنای گونه‌ای کنه‌های اریباتید در دو زیست‌بوم مختلف باغی و زراعی در استان خراسان رضوی می‌باشد.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه، یک باغ به مساحت تقریبی ۶۰۰۰ متر مربع و دارای درختان چند ساله (ده تا بیست ساله) سیب، آلبالو، گردو و هلو واقع در روستای زشک از توابع شهرستان شاندیز در استان خراسان رضوی (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۷۳۸ متر از سطح دریا) به‌عنوان بوم‌سازگان باغی نماینده منطقه و یک مزرعه یونجه سه ساله به مساحت ۲ هکتار واقع در جاده سرخس، ۲۰ کیلومتری بخش رضویه (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۴۵ دقیقه و ارتفاع ۱۰۲۹ متر از سطح دریا) به‌عنوان بوم‌سازگان زراعی، انتخاب گردیدند.

نمونه‌برداری و شناسایی نمونه‌ها

نمونه‌برداری‌ها از فروردین تا شهریور ۱۳۹۳ به صورت ماهانه و هم‌زمان از هر دو بوم‌سازگان انجام گرفت. در هر مرتبه نمونه‌برداری تعداد ۱۰ نمونه خاک با استفاده از پیلچه و از عمق ۰-۲۰ سانتی متری برداشته شد. محل نمونه‌برداری به‌طور تصادفی انتخاب گردید. بنابراین در هر زیست‌بوم، ۶ مرتبه و در مجموع ۶۰ نمونه برداشته شد. سپس نمونه خاک‌ها با ثبت مشخصات تاریخ و مکان نمونه‌برداری به آزمایشگاه کنه‌شناسی دانشگاه شیراز منتقل گردیدند. برای جداسازی کنه‌ها از قیف برلر که یک شیوه متداول برای جداسازی

1 Shannon-Weiner
2 Simpson
3 Margalef
4 McIntosh
5 Pielou
6 Heip

برآورد غنای گونه‌ای حداکثر S_{max} : به منظور برآورد و تخمین غنای گونه‌ای حداکثر زیست‌بوم‌های مورد مطالعه از شاخص‌های کمی و حضور و غیاب چائو، جکنایف مرتبه اول (1st Order Jackknife)، جکنایف مرتبه دوم (2st Order Jackknife) و بوتسترپ (Bootstrap) (به ترتیب رابطه‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳) استفاده شد.

$$S_{max} = S_{obs} + (a^2/2b) \quad (10)$$

که در آن S_{obs} تعداد گونه واقعی دیده شده در طول دوره نمونه‌برداری، a تعداد گونه‌های با یک فرد (شاخص کمی چائو) یا تعداد گونه‌هایی که فقط در یک نمونه حضور داشته‌اند (شاخص حضور و غیاب چائو)، b تعداد گونه‌های با دو فرد (در شاخص کمی چائو) یا تعداد گونه‌هایی که در دو نمونه حضور داشته‌اند (شاخص حضور و غیاب چائو) می‌باشند.

$$S_{max} = S_{obs} + a(n-1/n) \quad (11)$$

که در آن S_{obs} تعداد گونه واقعی دیده شده در طول دوره نمونه‌برداری، a تعداد گونه‌هایی که فقط در یک نمونه دیده شده‌اند و n تعداد نمونه‌هاست.

$$S_{max} = S_{obs} + \left[\frac{L(2n-3)}{n} - \frac{M(n-2)^2}{n(n-1)} \right] \quad (12)$$

که در آن S_{obs} تعداد گونه واقعی دیده شده در طول دوره نمونه‌برداری، L تعداد گونه‌هایی که فقط در یک نمونه یافت شده‌اند، M تعداد گونه‌هایی که در فقط در دو نمونه یافت شده‌اند و n تعداد کل نمونه‌هاست.

(۱۳) در تخمین غنای کل با بوتسترپ ابتدا به صورت تصادفی با امکان جایگزینی n نمونه از تعداد کل در دسترس، انتخاب و با فرمول زیر S_{max} را برای هر نمونه محاسبه می‌کنند و سپس این مرحله را برای چندین مرتبه مثلاً ۵۰-۲۰۰ مرتبه انجام می‌دهند و سپس میانگینی از S_{max} های محاسبه شده را به عنوان S_{max} در نظر می‌گیرند.

$$S_{max} = S_{obs} + \sum_1^{S_{obs}} (1 - P_i)^n$$

گونه واقعی دیده شده در طول دوره نمونه‌برداری و P_i نسبتی از n است که گونه I در آن حضور داشته است.

محاسبات مربوط به اندازه گیری شاخص‌های تنوع زیستی با استفاده از نرم‌افزار تنوع و غنای گونه‌ای SDR4 انجام شد

(Seaby and Henderson, 2006).

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

$$D = \sum_1^s p_i^2 \quad (2)$$

$$D_{Marg} = \frac{S-1}{\log_e N} \quad (3)$$

$$D = \frac{N-U}{N-N/\sqrt{S}} \quad (4)$$

$$J = H/\log(S) \quad (5)$$

$$E = \frac{N-U}{N-N/\sqrt{S}} \quad (6)$$

$$E \frac{1}{D} = \frac{(1/D)}{S} \quad (7)$$

$$E = -2/\pi \arctan(b) \quad (8)$$

$$E = (e^H - 1)/(S - 1) \quad (9)$$

در این رابطه‌ها: H شاخص شانون-واینر، P_i فراوانی نسبی هر گونه، D شاخص سیمپسون، P_i نسبت افراد گونه به کل جمعیت، S تعداد گونه، N تعداد کل افراد، n_i تعداد گونه‌ها، S تعداد گونه‌های مشاهده شده در نمونه‌ها، a تعداد گونه با یک فرد، b تعداد گونه با دو فرد (در شاخص کمی چائو Chao-Quant)، L تعداد گونه‌هایی یافت شده در یک نمونه، M تعداد گونه‌های یافت شده در دو نمونه، b شیب خط (در شاخص یکنواختی NHC)، s تعداد کل گونه‌های حاضر در n کوادرات می‌باشند.

تعیین ساختار ترکیبی گونه‌ای: پس از شناسایی گونه‌ها، فراوانی آن‌ها در هر زیست‌بوم ثبت شد و ساختار ترکیب گونه‌ای و غالبیت آن‌ها با استفاده از فرمول و شاخص‌های زیر محاسبه و طبق جدول ۱ تعیین گردید.

$$D = b/a * 100$$

a: تعداد کل افراد گونه‌های جمع آوری شده

b: تعداد افراد گونه مورد نظر

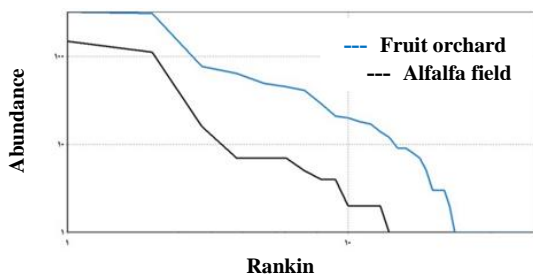
جدول ۱- شاخص‌های غالبیت بر اساس روش انگلمن (Maczey, 2007).

Table 1. Dominance indices by method of Engelmann

(Maczey, 2007).

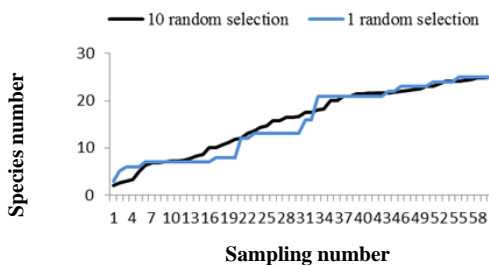
Dominance scale	Abundance (%)
Eudominant (6)	> 32.0- 100
Dominant (5)	> 10.0- 32.0 %
Subdominant (4)	> 3.2- 10.0 %
Recedent (3)	> 1.0- 3.2 %
Subrecedent (2)	> 0.32- 1.0 %
sporadic (1)	> 0.32
Missing (0)	= 0 %

چنین روندی برای کشف ۴۰ گونه در بوم‌سازگان باغی نیز در شکل ۳ نشان داده شده است. شیب کشف گونه‌ها نسبت به بوم‌سازگان زراعی کمی بیشتر است و در برآورد غنای حداکثر پیش‌بینی می‌شود که تعداد گونه‌های قابل کشف تا ۱۸۵ گونه قابل افزایش است.



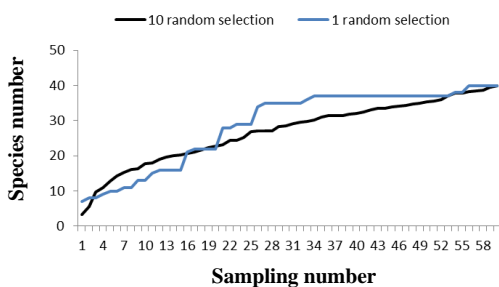
شکل ۱- نمودار رتبه- فراوانی برای بوم‌سازگان های یونجه و باغ در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۳.

Fig. 1. Rank-abundance graph for alfalfa field and fruit orchard habitats in Khorasan-e- Razavi Province in 2014.



شکل ۲- منحنی تجمعی کشف گونه در بوم‌سازگان یونجه در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۳.

Fig. 2. Species accumulation curve for alfalfa field habitat in Khorasan-e- Razavi Province in 2014.



شکل ۳- منحنی تجمعی کشف گونه در بوم‌سازگان باغ در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۳.

Fig. 3. Species accumulation curve for fruit orchard habitat in Khorasan-e- Razavi Province in 2014.

نتایج

طی نمونه‌برداری از بوم‌سازگان‌های زراعی (یونجه) و باغی در سال ۱۳۹۳ در مجموع ۱۴۲۵ فرد در قالب ۴۷ گونه جمع‌آوری گردید که ۱۰۹۷ فرد آن در قالب ۴۰ گونه متعلق به بوم‌سازگان باغی و ۳۲۸ فرد آن در قالب ۲۵ گونه به بوم‌سازگان زراعی (یونجه) تعلق داشتند. لذا بوم‌سازگان باغی از غنای گونه‌ای (تعداد گونه) بالاتری نسبت به بوم‌سازگان یونجه برخوردار بود.

ساختار ترکیب گونه‌ای

جدول ۲ فهرست اسامی گونه‌های کنه‌های اریباتید جمع‌آوری شده از این دو بوم‌سازگان را نشان می‌دهد. از نظر فراوانی و درجه غالبیت، دو گونه *Epilohmannia cylindrica* و *Porotoribates parcapuncinus* در بوم‌سازگان یونجه به‌عنوان گونه‌های فراغالب تعیین شدند. اما در بوم‌سازگان باغی گونه فراغالب شناسایی نشد. گونه‌های *Acrotritia ardua* و *Oribatula tibialis tibialis* به‌عنوان گونه غالب در بوم‌سازگان باغی بودند. سایر گونه‌ها از نظر غالبیت در رده‌های کمیاب تا نایاب دسته‌بندی شدند.

نمودار رتبه-فراوانی

شکل ۱ نمودار رتبه فراوانی گونه‌های کنه‌های اریباتید را در دو بوم‌سازگان مزرعه یونجه و باغ نشان می‌دهد. بوم‌سازگان باغی دارای منحنی طولانی‌تری نسبت به منحنی بوم‌سازگان یونجه می‌باشد و این بدین معناست که بوم‌سازگان باغی دارای تنوع گونه‌ای بالاتری نسبت به بوم‌سازگان یونجه است. شیب این دو منحنی تقریباً برابر است که نشان دهنده فراوانی تقریباً یکنواخت گونه‌ها در هر دو بوم‌سازگان است.

منحنی تجمعی گونه در بوم‌سازگان‌های یونجه و باغ

روند افزایش کشف ۲۵ گونه از کنه‌های اریباتید در بوم‌سازگان یونجه در سال ۱۳۹۳ در شکل ۲ آمده است. شیب کشف گونه‌ها در این بوم‌سازگان ملایم می‌باشد، اما تا رسیدن به منحنی مجانب فاصله زیادی دارد. برآورد غنای حداکثری (S_{max}) در این بوم‌سازگان با استفاده از شش روش ناپارامتری متداول نشان داد که تعداد گونه‌های قابل کشف در این بوم‌سازگان تا ۵۴ گونه قابل افزایش است.

جدول ۲- فهرست اسامی گونه‌های کنه‌های اربیاتید در دو زیستگاه یونجه و باغ در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۳.

Table 2. List of oribatid mite species in two habitats (alfalfa field and fruit orchard) in Khorasan-e- Razavi Province in 2014.

Species name	Fruit orchard		Alfalfa field	
	Dominance scale	Abundance (%)	Dominance scale	Abundance (%)
<i>Acrotritia ardua</i> (Koch, 1841)	5	28.99	3	2.13
<i>Amerobelba decedens</i> Berlese, 1908	3	1.82	3	1.22
<i>Anomaloppia differens</i> Mahunka & Topercer, 1983	0	0	1	0.3
<i>Anomaloppia iranica</i> Bayartogtokh & Akrami, 2000	1	0.09	1	0.3
<i>Atropacarus striculus</i> (Koch, 1835)	4	4.47	2	0.61
<i>Belba</i> sp.2	3	1.09	0	0
<i>Belba</i> sp.1	3	1.64	3	1.22
<i>Ceratozetes</i> sp.	1	0.09	0	0
<i>Cosmochthonius reticulatus</i> Grandjean, 1947	1	0.09	0	0
<i>Eobrachychthonius similis</i> Mahunka, 1979	4	4.82	0	0
<i>Epilohmannia cylindrica cylindrica</i> (Berlese, 1904)	4	4.1	6	44.82
<i>Fosseremus quadripertitus</i> Grandjean, 1965	0	0	1	0.3
<i>Galumna tarsipennata</i> Oudemans, 1914	3	1.52	3	1.52
<i>Hypochthonius luteus</i> Oudemans, 1917	4	3.74	1	0.3
<i>Hermanniella grandis</i> Sitnikova, 1973	2	0.73	1	0.3
<i>Licnodamaeus pulcherrimus</i> (Paoli, 1908)	3	1.55	1	0.3
<i>Licnodameus</i> sp1.	1	0.09	0	0
<i>Licnodameus</i> sp2.	1	0.09	1	0.3
<i>Mesoplophora michaeliana</i> Berlese, 1904	4	5.83	3	2.13
<i>Microppia minus minus</i> (Paoli, 1908)	1	0.18	0	0
<i>Minunthozetes semirufus</i> (Koch, 1841)	2	0.64	0	0
<i>Multioppia</i> (<i>Hammeroppia</i>) <i>wilsoni wilsoni</i> Aoki, 1964	1	0.09	0	0
<i>Nohtrus</i> sp.	1	0.09	0	0
<i>Oppia denticulata</i> (G. & R. Canestrini, 1882)	3	1.19	0	0
<i>Oppiella nova nova</i> (Oudemans, 1902)	1	0.09	0	0
<i>Oribatula tibialis tibialis</i> (Nicolet, 1855)	5	27.89	4	4.88
<i>Parachipteria</i> sp.	1	0.09	0	0
<i>Protoribates paracapucinus</i> (Mahunka, 1988)	4	7.02	6	33.84
<i>Perlohmanna dissimilis</i> (Hewitt, 1908)	1	0.09	2	0.61
<i>Punctoribates</i> sp.	1	0.09	0	0
<i>Rhinoppia bipectinata</i> (Akrami & Subías, 2007)	1	0.09	0	0
<i>Rhinoppia subpectinata</i> (Oudemans, 1900)	1	0.09	2	0.61
<i>Scheloribates fimbriatus</i> Thor, 1930	0	0	1	0.3
<i>Scheloribates laevigatus</i> (Koch, 1835)	3	2.64	3	2.13
<i>Sphaerochthonius splendidus</i> (Berlese, 1904)	2	0.46	0	0
<i>Suctobelbella acutidens</i> (Forsslund, 1941)	0	0	1	0.3
<i>Tectocephus minor</i> Berlese, 1903	3	1.28	0	0
<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	2	0.82	2	0.61
<i>Tricoribates</i> sp.	0	0	1	0.3
<i>Trimalaconothrus</i> sp.	1	0.27	0	0
<i>Xiphobates sergienkoe</i> Shaldybina, 1980	1	0.09	0	0
<i>Zygoribatula connexa</i> Berlese, 1904	0	0	1	0.3
<i>Zygoribatula skrjabini</i> (Bulanova-Zachvatkina, 1967)	1	0.27	0	0
<i>Zetorchestes</i> sp.	1	0.09	0	0
<i>Epimerella smirnovi</i> (Kulijev, 1962)	1	0.09	0	0
<i>Lohmannia turcmenica</i> Bulanova-Zachvatkina, 1960	1	0.09	0	0
<i>Licnobelba</i> sp.	0	0	1	0.3
<i>Tricoribates</i> sp.	0	0	1	0.3
<i>Trimalaconothrus</i> sp.	1	0.27	0	0

جدول ۵- شاخص‌های یکنواختی در بوم‌سازگان‌های یونجه و باغ در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۳.

Table 5. Uniformity indices in (alfalfa field and fruit orchard ecosystems in Khorasan-e- Razavi Province in 2014.

Evenness indices	Alfalfa	Garden
Pielou	0.42	0.59*
McIntosh E	0.54	0.68*
Heip	0.17	0.22
Simpson E	0.12	0.14
NHC	0.11	0.09

*: Significant at $P < 0.05$ *: معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که مقادیر فراوانی نسبی، تنوع و غنای گونه‌ای در دو بوم‌سازگان زراعی و باغی از تفاوت معنی‌داری برخوردار بودند. در این بررسی‌ها شاخص‌های تنوع زیستی و توابع مربوطه، بیان می‌کنند که به‌طور حتم بوم‌سازگان باغی متنوع‌تر از بوم‌سازگان زراعی است. همچنین شاخص‌های یکنواختی نیز بوم‌سازگان باغی را یکنواخت‌تر و در نتیجه پایدارتر نشان دادند. منحنی‌های مربوط به نمودار رتبه-فراوانی نیز در بوم‌سازگان باغی دارای شیب کمتری بوده و یکنواختی بیشتر این بوم‌سازگان معرف حضور گونه‌های با فراوانی یکنواخت‌تر می‌باشد و همان‌طور که قبلاً ذکر شد وجود گونه‌ها با یکنواختی بیشتر نشان دهنده تنوع بیشتر است. تفاوت دیگر در غالبیت گونه‌ها بود که در بوم‌سازگان یونجه گونه‌های با فراوانی بالا به‌صورت فراغالب بودند، در حالی که در بوم‌سازگان باغ گونه‌های فراوان‌تر به‌صورت نیمه غالب بودند یعنی درصد کمتری از جمعیت را تشکیل می‌دادند. الگوی پراکنش و ساختار ترکیب گونه‌های اریباتی‌دها در بوم‌سازگان‌های مختلف، تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد که مهمترین آن‌ها عبارتند از دما، رطوبت، تنوع پوشش گیاهی، دستکاری‌های انسانی، عملیات خاک‌ورزی و ارتفاع از سطح دریا.

در این بررسی مقادیر شاخص‌های تنوع شانون در بوم‌سازگان زراعی و باغی به‌ترتیب ۱/۶۲ و ۲/۲۸ بود که دلیل آن پائین بودن غنای گونه‌ای (تعداد گونه‌ها) و نیز یکنواختی

تخمین غنای حداکثری گونه‌های کنه‌های اریباتید در بوم‌سازگان‌های یونجه و باغ

روند تغییرات S_{max} بین شاخص‌ها حداقل ۳۲ و حداکثر ۶۶ گونه را برای بوم‌سازگان یونجه و حداقل ۴۸ و حداکثر ۱۸۵ گونه را برای بوم‌سازگان باغی پیش‌بینی کرد (جدول ۳).

جدول ۳- برآورد غنای حداکثر (S_{max}) در بوم‌سازگان یونجه و باغ با استفاده از روش‌های ناپارامتری در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۳.

Table 3. Estimation of maximum species richness (S_{max}) in (alfalfa field and fruit orchard ecosystems using non-parametric methods in Khorasan-e- Razavi Province in 2014.

Species richness estimator	Alfalfa	Garden
Chao-Quant	66	193
Chao Pr.Ab.	54	81
1 st Order Jackknife	40	58
2 nd Order Jackknife	51	72
Bootstrap	32	48

شاخص‌های تنوع زیستی در دو بوم‌سازگان یونجه و باغ

جدول ۴ چهار شاخص مهم تنوع گونه‌ای آلفا را در دو بوم‌سازگان یونجه و باغ نشان می‌دهد. تفاوت این دو زیست‌بوم در سه شاخص تنوع گونه‌ای شانون-واینر، سیمپسون و مک اینتاش در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار و مقدار این شاخص‌ها در بوم‌سازگان باغ بالاتر بود.

جدول ۴- شاخص‌های آلفای تنوع گونه‌ای در بوم‌سازگان‌های یونجه و باغ در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۳.

Table 4. Alpha indices of species diversity (alfalfa field and fruit orchard ecosystems in Khorasan-e- Razavi Province in 2014.

Alpha diversity indices	Alfalfa	Garden
Shannon-Wiener	1.62	2.28*
Simpson D	3.14	5.65*
Margalef	4.14	5.57
McIntosh D	0.45	0.59*

*: معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد *: Significant at $P < 0.05$

شاخص‌های یکنواختی

مقدار شاخص‌های مختلف یکنواختی در جدول ۵ نشان داده شده است. بر اساس چهار شاخص، فراوانی افراد گونه‌های بوم‌سازگان باغ از یکنواختی بیشتری نسبت به بوم‌سازگان زراعی یونجه برخوردار بود ($P < 0.5$).

علف‌کش‌ها در برگ‌برنده طیف وسیع‌تری از گونه‌های گیاهی بوده و بالطبع با افزایش تنوع گیاهی توأم با دوام بیشتر این بوم‌سازگان، تنوع اربیاتیدها نیز در این سامانه بالاتر می‌باشد. ساختار گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌های مختلف کنه‌های اربیاتید در دو بوم‌سازگان زراعی (یونجه) و باغی در مطالعه حاضر متفاوت بود. این دو بوم‌سازگان دارای ۱۸ گونه مشترک بودند و سایر گونه‌ها (۲۲ گونه در بوم‌سازگان باغی و ۷ گونه در بوم‌سازگان یونجه) اختصاصی هر بوم‌سازگان بودند (جدول ۶). همچنین در بوم‌سازگان باغی، گونه‌های *M. michaeliana* و *H. luteus*، *E. similis*، *A. striculus*، *A. ardua* به‌عنوان گونه‌های غالب یا نیمه غالب طبقه بندی شدند، اما این گونه‌ها در بوم‌سازگان یونجه در دسته کمیاب، نادر یا فوق العاده کمیاب قرار گرفتند (جدول ۲). انحصاری بودن بعضی از گونه‌های کنه‌های اربیاتید به‌زیستگاه‌های خاص به‌دلیل وابستگی آنان به‌میزبان‌های گیاهی یا رویشگاه‌های خاص، پایدار بودن بوم-سازگان باغی نسبت به‌یونجه و نیز حساسیت آنان به‌شرایط آب و هوایی از دلایل احتمالی می‌باشد (Ferreira et al., 2012).

نتایج برآورد حداکثر غنای گونه‌های اربیاتید در دو بوم‌سازگان مورد مطالعه، نشان داد که تعداد گونه‌های قابل کشف در این بوم‌سازگان‌ها، بیشتر از تعداد گونه مشاهده شده است و کشف سایر گونه‌ها نیازمند تلاش و نمونه‌برداری فوق العاده زیاد است. شاخص‌های فراسنج‌های بر اساس ماهیت و پیش فرض‌های تعریف شده (Magurran, 2004)، بیانگر افزایش حداقل ۷ (بوتسترپ) و حداکثر ۲۹ (چائو حضور غیاب) گونه دیگر در بوم‌سازگان یونجه و حداقل ۸ (بوتسترپ) و حداکثر ۱۴۵ (کمی چائو) گونه دیگر در بوم‌سازگان باغی مورد مطالعه بود. دلیل بالا بودن برآوردهای

کمتر الگوی پراکنش گونه‌های جامعه بوم‌سازگان یونجه می‌باشد. این یکنواختی کمتر، با فراوانی چشم‌گیر گونه‌های *Prototribates pacapuncinus* و *Epilohmannia cylindrica cylindrica* نسبت به‌سایر گونه‌ها و فراغالب بودن آن‌ها قابل مشاهده است. در هر مکان یا زمانی که یک یا چند گونه در جامعه مورد نمونه‌برداری دارای چیرگی قابل ملاحظه‌ای باشند مقدار شاخص تنوع زیستی پایین خواهد بود. تاکنون عوامل مختلف موثر در تغییرات شاخص‌های تنوع گونه‌ای و فراوانی نسبی کنه‌های اربیاتید در زیستگاه‌های گوناگون گزارش شده‌اند، از جمله این عوامل پوشش گیاهی زیستگاه و نوع فعالیت‌های کشاورزان قابل ذکر می‌باشد (Disney, 1999). ملامود (Melamud) و همکاران (۲۰۰۷)، ماریبی (Maribie) و همکاران (۲۰۱۱) و جرجوکس (Gergocs) و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که یکی از عوامل مؤثر بر ترکیب و تنوع گونه‌ای اربیاتیدها در بوم‌نظام‌های طبیعی و زراعی، ساختار و فراوانی گونه‌های گیاهی است. مطالعات وو (Wu) و همکاران (۲۰۱۴) در این زمینه نشان می‌دهد که بین غنای گونه‌های اربیاتیدها و تنوع گونه‌ای گیاهان ارتباط مؤثری وجود داشته یا به‌عبارتی غنای گونه‌های اربیاتیدها با افزایش تنوع گیاهان افزایش می‌یابد، زیرا تنوع بیشتر گیاهان باعث افزایش مواد غذایی در دسترس اربیاتیدها می‌شود. این مساله گفته‌ی وو را در این زمینه که پاسخ ریزبندپایان خاکری به‌صورت زیادی به‌منابع غذایی در دسترس آن‌ها مربوط می‌شود را تأیید می‌کند. بر این اساس، تفاوت در تنوع زیستی اربیاتیدها در دو بوم‌سازگان باغ و یونجه می‌تواند ناشی از تفاوت فلور این دو بوم‌سازگان زراعی باشد. بدیهی است که سیستم باغ کشتی مورد بررسی با قدمت ۲۰-۱۰ سال و عدم اجرای عملیاتی نظیر وجین و کاربرد

جدول ۶- ساختار ترکیب گونه‌های کنه‌های اربیاتید در دو بوم‌سازگان باغی و زراعی یونجه در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۳.

Table 6. Community structure of oribatid mites in two ecosystems (a fruit orchard and an alfalfa field) in Khoraran-e-Razavi province, 2014.

Ecosystem	Observed species	Species in common	Specific species	Singletons	Eudominant species	Dominant species	Subdominant species
Garden	40	18	22	17	0	2	5
Alfalfa	25	18	7	12	2	0	1

بوم‌سازگان نیز تغییر می‌یابد. این در حالی است که افزایش تنوع زیستی کارکردی در سیستم‌های کشاورزی راهکار کلیدی برای ایجاد پایداری در تولید است و بر همین اساس در سال‌های اخیر کشاورزی پایدار به‌عنوان رهیافتی مبتنی بر حفظ و بهره‌وری بوم‌سازگان‌های کشاورزی بدون تخریب منابع طبیعی مورد توجه قرار گرفته است (Altieri, 1999). خاک شخم نخورده به‌همراه بقایای گیاهی نه تنها یک منبع غذایی قابل دسترس را ایجاد می‌کند بلکه روی تنظیم دمای خاک تأثیر می‌گذارد و همچنین هدر رفت رطوبت از سطح خاک را کاهش می‌دهد (Bedano et al., 2006; Coleman et al., 2002). در بوم‌سازگان‌های کشاورزی، عملیات شخم خاک به‌منظور کاشت و کنترل علف‌های هرز می‌باشند که اثرات منفی بر موجودات خاکزی دارد و همان‌طور که نتایج این پژوهش نشان داد غنا و تنوع بوم‌سازگان یونجه پایین‌تر از باغ است که با نتایج رضانی و مصدق (Ramezani & Mossadegh, 2014) مطابقت دارد.

هالسمن و ولترز (Hülsmann & Wolters, 1998) نشان دادند که شخم تا ۵۰ درصد جمعیت اریباتیدها را می‌تواند کاهش دهد. همچنین در مطالعه رودریگز و همکاران (Rodriguez et al., 2006) فراوانی بندپایان در زیست‌بوم‌های کشاورزی بدون شخم بسیار بالاتر از بوم‌سازگان‌های با شخم متداول و مرسوم بود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به‌خاطر فراهم نمودن امکانات و شرایط اجرای این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

دو شاخص کمی چائو و حضور غیاب چائو، وجود تعداد زیاد گونه‌های با یک فرد (جدول ۶) و یا حضور تنها در یک نمونه می‌باشد (Chao et al., 2009). نادر بودن و تک فرد شدن تعداد زیادی از گونه‌ها در بوم‌سازگان‌ها، یکی از مهم‌ترین دلایل مشکلات نمونه‌برداری از جامعه اریباتیدها برای کشف و معرفی جامعه کنه‌های اریباتیدها می‌باشد.

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که آلودگی‌های محیطی و دخالت‌های بشری در بوم‌سازگان‌ها با تأثیر عمده‌ای که بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارند همواره نقش مؤثری بر تنوع گونه‌ای اریباتیدها ایفا می‌کنند. دستکاری‌ها و تغییرات انسانی، شرایط را برای حضور و پراکنش گونه‌ها محدود ساخته و موجب کاهش تنوع گونه‌ای می‌گردد (Bedano et al., 2006). با توجه به نتایج بدست آمده و از آنجایی که مزرعه حاضر در فاصله ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری از مناطق مسکونی و صنعتی قرار گرفته است انتظار می‌رود که این عامل بر تنوع گونه‌ای اریباتیدهای آن تأثیر گذاشته باشد که با نتایج کریولوسکی (Krivolutsky, 2004)، جرگوکس و همکاران (Gergocs et al., 2012) و بدانو و همکاران (Bedano et al., 2006) مطابقت دارد که اظهار می‌دارند: هرچه دستکاری انسانی بیشتر شود تنوع اریباتیدها کاهش می‌یابد. بدانو و همکاران (Bedano et al., 2006) بیان نمودند که بر اساس شیب استفاده از زمین جمعیت کل کنه‌های خاکزی کاهش می‌یابد و از آنجایی که اریباتیدها حساس‌ترین گروه کنه‌ها به تغییرات محیطی هستند از همه بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند. طبق نظرات بسیاری از دانشمندان، علاوه بر آلودگی و تخریب زیستگاه‌ها، به‌کار بردن ادوات کشاورزی از جمله شخم‌زدن مزارع و باغات نیز یکی دیگر از عوامل کاهش جمعیت اریباتیدهاست که بدین ترتیب ساختار کارکردی

References

- AKAFI, H. and H. EJTEHADI. 2007. Investigation of species diversity of plants in two regions using frequency distribution models. *Journal of Basic Sciences of Islamic Azad University*, 66: 63-72 (in Persian).
- AKRAMI, M. A. 2011. The oribatid mites (Acari: Oribatida): importance, classification and species of Iran. *The First Persian Congress of Acarology, Kerman*. Pp. 95-101 (in Persian with English summary).
- ALTIERI, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 19-31.
- BAKHSI KHANIKI, GH. 2012. Biodiversity. Payam Noor University Press. 227 pp. (in Persian).
- BEDANO, J. C., M. P. CANTU and M. E. DOUCET, 2006. Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida: Acari) densities in relation to a natural soil. *Applied Soil Ecology*, 3: 293-304.
- CHAO, A., R. K. COLWELL, C. W. LIN and N. J. GOTELLI, 2009. Sufficient sampling for asymptotic minimum species richness estimators. *Ecology*, 90: 1125-1133.
- CHUST, G., J. L. PRETUS, D. DUCROT, A. BEDOS and L. DEHARVENG, 2003. Response of soil fauna to landscape heterogeneity: determining optimal scales for biodiversity modeling. *Conservation Biology*, 17: 1712-1723.
- COLEMAN, D. C., P. F. HENDRIX and D. J. CROSSELY, 2002. Soil food-webs in agroecosystem: Impacts of herbivory and tillage management. *European Journal of Soil Biology*, 38: 21-28.
- DISNEY, R. H. L. 1999. Insect biodiversity and demise of alpha taxonomy. *Antenna*, 23, 84-88.
- FERREIRA, R. N. C., E., FRANKLIN, J. L. P., DE SOUZA and J. DE MORAES, 2012. Soil oribatid mite (Acari: Oribatida) diversity and composition in semi-deciduous forest fragments in eastern Amazonia and comparison with the surrounding savanna matrix. *Journal of Natural History*, 46: 2131-2144. doi: 10.1080/00222933.2012.707245.
- GERGOCS, V., R. HOMORODI and L. HUFNAGE, 2012. Genus lists of Oribatid Mites-AUunique perspective of Climate Change Indication in Research. In: LAMEED, G.A., Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World [Internet]. London, Intech Open, <https://www.intechopen.com/chapters/38586>.
- HÜLSMANN, A. and V. WOLTERS, 1998. The effect of different tillage practices on soil mites, with particular reference to Oribatida. *Applied Soil Ecology*, 9: 327-332.
- JENKINS, M. A. and G. R. PARKER, 1999. Composition and diversity of ground-layer vegetation in silvicultural openings of southern Indiana forests. *The American Midland Naturalist*, 142: 1-16.
- KRIVOLUTSKY, D. 2004. Arborescent (tree-dwelling) oribatid mites as bioindicators of environment quality. Springer, *Doklady Biological Sciences*, 399(1): 470-473.
- KAMCZYK, J. and D. J. GWIAZDOWICZ, 2009. Soil mites (Acari, Mesostigmata) from Szczeliniec Wielki in the Stołowe Mountains National Park (SW Poland). *Biological Letters*, 46: 21 -27.
- MACZEY, N. 2007. The Auchenorrhyncha communities of chalk grassland in Southern England. Universität Koblenz, Landau. Germany, 230 pp.
- MAGURRAN, A. E., 2004. *Measuring Biological Diversity*. USA: Blackwell Science Ltd, 256 pp.
- MAITI, P. K. and P. MAITI, 2017. Biodiversity: perception, peril and preservation. PHI Learning Pvt. Ltd. Delhi, India, 584 pp.
- MARIBIE, C., G. NYAMASYO, P. NDEGWA, J. MUNG'ATU, J. LAGERLÖF and M. GIKUNGU, 2011. Abundance and diversity of soil mites (Acari) along a gradient of land use types in Taita Taveta, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13: 11-26.
- MELAMUD, V., A. BEHARAV, T. PAVLICEK and E. NEVO, 2007. Biodiversity interslope divergence of oribatid mites at Evolution Canyon, Mount Carmel,

- Israel. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 53: 381-396.
- PIMENTEL, D., C. WILSON, C. MCCULLUM, R. HUANG, T. DWEN, J. FLACK, Q. TRAN, T. SALTMAN and B. CLIFF, 1997. Economic and Environmental benefits of biodiversity. *Bioscience*, 47: 747-570.
- RAMEZANI, L. and M. S. MOSSADEGH, 2014. Biodiversity of oribatid mites in two different microhabitats of Khuzestan province (Southwestern, Iran). *Journal of Crop Protection*, 3: 443-448.
- RODRIGUEZ, E., F. S. FERNADEZ-ANERO, P. RUIZ and M. CAMPOS, 2006. Soil arthropod abundance under conventional and no tillage in a Mediterranean climate. *Soil and Tillage Research*, 85: 229-233.
- SEABY, R. M. and P. A. HENDERSON, 2006. *Species Diversity and Richness, Version 4*. Pisces Conservation Ltd., Lymington, England.
- THOMPSON, G. G. and P. C. WITHERS, 2003. Effect of species richness and relative abundance on the shape of the species accumulation curve. *Austral Ecology*, 28: 355-360.
- WU, T., F. SU, H. HAN, Y. DU, C. YU and S. WAN, 2014. Responses of soil microarthropods to warming and increased precipitation in a semiarid temperate steppe. *Applied Soil Ecology*, 84: 200-207.