

## بررسی تنوع زیستی پادمان (Hexapoda: Collembola) در سه اکوسیستم مختلف در استان کرمانشاه (ایران)

مرتضی کهراریان<sup>۱\*</sup>، رضا وفایی شوشتری<sup>۲</sup> و ابراهیم سلیمان نژادیان<sup>۳</sup>

۱- \*نویسنده مسوول: استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران (mortezakahrarian@gmail.com)

۲- استادیار گروه حشره‌شناسی، دانشکده کشاورزی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۳- دانشیار گروه حشره‌شناسی، دانشکده کشاورزی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۲۰

### چکیده

در این تحقیق، تنوع زیستی پادمان در سه اکوسیستم مختلف: زراعی، جنگلی و مرتعی واقع در دو شهرستان پاوه و سرپل ذهاب (استان کرمانشاه) مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌برداری به‌صورت ماهیانه از خرداد ۱۳۹۱ تا اردیبهشت ۱۳۹۳ صورت پذیرفت. از هر ایستگاه، ۱۰ کرت معین و از هر کرت یک نمونه مرکب خاک به قطر ۱۰ و عمق ۱۳ سانتی‌متر برداشته شد و جمعیت پادمان موجود در آن شمارش گردید. غنا و تنوع گونه‌ای، و میزان شباهت اکوسیستم‌ها با استفاده از شاخص‌های آلفا، بتا، گاما، شانون-وینر، سورنسون و جاکارد تعیین گردید. نتایج نشان داد که در هر دو شهرستان، فراوانی نسبی و تنوع گونه‌ای در اکوسیستم جنگلی از اکوسیستم‌های زراعی و مرتعی بیشتر بود. بر خلاف انتظار، در شهرستان پاوه تنوع گونه‌ای مزرعه از مرتع بیشتر بود ولی در شهرستان سرپل ذهاب بین اکوسیستم‌های مرتعی و زراعی از لحاظ تنوع گونه‌ای تفاوت معناداری دیده نشد. مقایسه تنوع گونه‌ای اکوسیستم‌های مشابه در دو شهرستان نشان داد که اکوسیستم جنگل در شهرستان پاوه تنوع بیشتری نسبت به شهرستان سرپل ذهاب داشت. اما اکوسیستم مرتع در شهرستان سرپل ذهاب تنوع بیشتری نسبت به شهرستان پاوه داشته و بین تنوع زیستی مزارع در دو شهرستان تفاوت معناداری دیده نشد. مقایسه تنوع گونه‌ای دو شهرستان با استفاده از شاخص تنوع گاما نشان داد که در مجموع، تنوع گونه‌ای شهرستان پاوه از شهرستان سرپل ذهاب بیشتر بود. مقایسه میزان شباهت اکوسیستم‌های مختلف نشان داد که در هر دو شهرستان، میزان شباهت دو اکوسیستم مزرعه و مرتع در مقایسه با شباهت هر کدام از آن‌ها با جنگل بیشتر بود.

کلید واژه‌ها: تنوع زیستی، دم‌فنیان، غنای گونه‌ای، کرمانشاه

### مقدمه

حساس به چنین نیروهایی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید و مؤثر در ردیابی و پیش‌بینی تغییرات محیطی مؤثر باشد. پادمان از جمله فراوان‌ترین موجودات موجود در خاک به شمار می‌روند. با وجود آن‌که برخی از گونه‌های پادمان ممکن است در سزيجات و گلخانه‌ها دارای خسارت اقتصادی باشند (Hopkin, 2002) اما اکثر آن‌ها با

امروزه تنوع زیستی در محیط‌های خشک به شدت تحت تأثیر نیروهای مختلفی مانند فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی، فرایندهای حاصل از زندگی شهرنشینی (تخریب و تغییر مزارع و مراتع به اماکن مسکونی و رفاهی) و غیره قرار دارد (Sousa et al., 2004). شناخت موجودات

از فضولات گاوی (پرورش گاو)، زمین‌های کشاورزی و مراتع طبیعی همراه با چرای دام (مخلوط با کود حیوانی) نشان داده است که بیشترین تنوع گونه‌ای در منطقه طبیعی و کم‌ترین آن در منطقه کشاورزی بود. در این تحقیق، رطوبت بالای موجود در مراتع طبیعی دلیل احتمالی بالاتر بودن تنوع گونه‌ای در این منطقه گزارش شده است (Bedano et al., 2006).

در تحقیق دیگری که انجام شده است نیتروژن موجود در خاک به‌عنوان یکی از عوامل اصلی و تأثیرگذار روی جمعیت پادمان و کنه‌های خاک‌زی بیان شده است (Siepel and Van de Bund, 1998).

Larsen et al. (2004) بیان کردند که چرانیدن دام‌ها در چراگاه‌ها، می‌تواند به‌طور مشخصی در کاهش جمعیت پادمان مؤثر باشد. از سوی دیگر، عواملی چون شخم‌زدن و یا فشردگی بیش از حد خاک می‌تواند روی جمعیت این حشرات تأثیر بگذارد و در این میان، ممکن است واکنش گونه‌های مختلف پادمان نسبت به این تغییرات متفاوت باشد.

استفاده بی‌رویه از سموم و به‌ویژه علف‌کش‌ها از دیگر عواملی است که می‌تواند در نوسان جمعیت پادمان مؤثر باشد. نتایج یک بررسی نشان داده است که علف‌کش پاراکوات می‌تواند در کاهش میزان تخم‌ریزی گونه‌های مختلف پادمان نقش داشته باشد (Choi et al., 2008).

تاکنون بیشتر تحقیقات صورت گرفته روی پادمان در خصوص شناسایی گونه‌های مختلف این شش‌پایان بوده است. در دهه‌های اخیر مطالعات ویژه‌ای روی جنبه‌های دیگری از زندگی پادمان از جمله دینامیسم جمعیت، فعالیت‌های رفتاری، تغذیه‌ای و تأثیر عوامل مختلف در نوسان جمعیت آن‌ها صورت گرفته است (Choi et al., 2008; Bedano et al., 2006). همچنان که ذکر گردید در ایران تاکنون به‌صورت پراکنده به شناسایی فون پادمان پرداخته شده است (Arbea and

تجزیه مواد مختلف موجود در طبیعت نقش مؤثری در بازگشت عناصر به طبیعت دارند. به همین دلیل گاهی این موجودات به‌عنوان پلانکتون‌های هوایی<sup>۱</sup> نیز نامیده می‌شوند (Dunger et al., 2002). از سوی دیگر پادمان به شدت در مقابل تغییرات مختلف ایجاد شده در خاک از قبیل تغییرات شیمیایی خاک (Loranger et al., 2001)، رطوبت خاک (Pflug and Wolters, 2001)، و نیز تغییرات ایجاد شده در میزان و نوع هوموس خاک (Chagnon et al., 2000) از خود واکنش نشان می‌دهند. وجود این خصوصیات باعث شده است که در دهه‌های اخیر مطالعه دینامیسم و نیز بررسی تأثیر عوامل مختلف زیستی و نقش دخالت انسان در میزان تراکم جمعیت، غنا و تنوع زیستی پادمان بیشتر مورد توجه پژوهش‌گران قرار گیرد. این مطالعات بیشتر در کشورهای اروپایی و برخی از کشورهای موجود در قاره آمریکا و شرق آسیا صورت پذیرفته است و در این میان عوامل متعددی به‌عنوان مؤثر در تغییر تنوع و فراوانی جمعیت پادمان ذکر شده‌اند.

مطالعه‌ی تنوع زیستی جمعیت پادمان در سه منطقه مختلف واقع در غرب کلرادو آمریکا نشان داد که غنای گونه‌ای پادمان در یک باغ ارگانیک از یک باغ سیب سم‌پاشی شده و مناطق چمنزار بیشتر بود. از سوی دیگر، در مناطقی با تجمع بالای مواد آلی، تنوع و تراکم گونه‌های مختلف پادمان بیشتر گزارش شده است (Doles et al., 2001). مطالعه‌ی دینامیسم و توزیع فضایی جمعیت گونه‌های مختلف پادمان در دو مزرعه نخود و جو در جنوب انگلیس نشان داد که در هر دو منطقه گونه‌های یکسانی از پادمان وجود داشتند اما تعداد کلی این گونه‌ها بر اساس زمان و نوع محصول متفاوت بود. این اختلاف می‌تواند به علت نوع عملیات مکانیزه مورد استفاده باشد (Alvares et al., 1997).

نتایج حاصل از بررسی تراکم جمعیت پادمان در چهار منطقه‌ی مختلف شامل مراتع طبیعی، منطقه پوشیده

بر آن که تا حد امکان فاصله چندانی با هم نداشته باشند، نماینده مناسبی از اکوسیستم منطقه نیز باشند (جدول ۱).

### نحوه نمونه برداری

جهت نمونه برداری در ابتدا از هر سه اکوسیستم مورد نظر (جنگل، مرتع و مزرعه)، مساحتی در حدود یک کیلومتر مربع به عنوان یک واحد مشخص انتخاب گردید. سپس در هر واحد ۱۰ کرت ۲۰۰ متر مربعی به عنوان واحدهای نمونه برداری انتخاب شدند. محدوده هر کرت با دستگاه GPS به طور دقیق مشخص گردید و نمونه‌های خاک از این واحدها برداشته شدند. از هر کرت در جهات مختلف و به صورت تصادفی، ده نمونه خاک به قطر ۱۰ سانتی متر و عمق ۱۳ سانتی متر برداشته شده و پس از مخلوط کردن آن‌ها با هم یک نمونه خاک مرکب تهیه گردید.

در مجموع ۱۰ نمونه خاک مرکب از هر اکوسیستم جهت ارزیابی در هر بار نمونه برداری تهیه گردید. نمونه برداری به صورت ماهیانه از خرداد ماه ۱۳۹۱ آغاز شده و تا اردیبهشت ۱۳۹۳ (به مدت ۲۴ ماه) ادامه یافت. در مناطق جنگلی خاک برگ موجود در سطح محل نمونه برداری نیز در نمونه‌های مربوطه گنجانده شد.

Kahrarian et al., 2016؛ Kahrarian, 2015؛ Shayanmehr et al., 2013) و گزارش‌های بسیار مختصری از سایر جنبه‌های زیستی این گروه از شش پایان منتشر شده است (Mehrafrooz- Mayvan et al., 2015). با توجه به اکوسیستم‌های متنوع و شرایط آب و هوایی مختلف در بین شهرستان‌های استان کرمانشاه، در این تحقیق سعی شده است با استفاده از شاخص‌های آلفا، بتا، گاما، شانون-وینر، سورنسون و جاکارد، فراوانی و تنوع زیستی جامعه پادمان موجود در سه اکوسیستم مختلف زراعی (مزارع گندم دیم)، جنگلی (جنگل بلوط) و مرتعی موجود در دو شهرستان سرپل ذهاب (با آب و هوای گرم) و پاوه (با آب و هوای سرد و یخبندان) مورد ارزیابی قرار گیرد.

### مواد و روش‌ها

#### مشخصات مناطق نمونه برداری

در این تحقیق، تنوع گونه‌ای جمعیت پادمان در سه اکوسیستم مختلف شامل دو اکوسیستم زراعی، دو اکوسیستم جنگلی (جنگل بلوط) و دو اکوسیستم مرتعی در شهرستان‌های سرپل ذهاب و پاوه مورد ارزیابی قرار گرفت. مناطق مورد مطالعه در هر شهرستان به نحوی انتخاب گردید که علاوه

جدول ۱- مشخصات مناطق نمونه برداری از پادمان در دو شهرستان سرپل ذهاب و پاوه

Table 1. Details of sample locations of *Collembola* in Sare pol-e-Zahab and Paveh cities

Ecosystem	Pave				Sare pol-e-Zahab			
	Longitude	Latitude	Elevation (m)	Habitat	Longitude	Latitude	Elevation (m)	Habitat
Jungle	34°52'97"	46°30'76"	1632	Oak trees	34°25'29"	46°01'75"	1404	Oak trees (with agricultural activities)
Filed crop	34°50'26"	46°30'76"	1431	Wheat	34°25'93"	45°56'73"	1454	Wheat
Grassland	34°50'29"	46°32'64"	1602	Rocky (with grass, <i>Astragalus</i> sp. and common Weeds)	34°25'73"	46°00'13"	1034	Near Oil Refinery (with grass, <i>Astragalus</i> sp. and common Weeds)

تعداد گونه‌هایی که در دو اکوسیستم مشترک نیستند. هر مقدار که تعداد گونه‌های مشترک کمتری در دو زیستگاه وجود داشته باشد، مقدار تنوع بتا بیشتر خواهد بود. برای محاسبه تنوع زیستی در یک شهرستان شامل چند اکوسیستم، از شاخص تنوع گاما و بر اساس فرمول منفی (۱) استفاده گردید (Meffe et al., 2002).

$$D_Y = \frac{1}{q^{-1} \sqrt{\sum_{i=1}^s p_i p_i^{q-1}}} \quad (1)$$

$D_Y$  شاخص تنوع گاما،  $s$  تعداد گونه در هر زیستگاه،  $p_i$  نسبت تعداد هر گونه به کل افراد همان زیستگاه و  $q$  تعداد زیستگاه می‌باشند.

### شاخص‌های شباهت

محاسبه شاخص‌های شباهت (هم‌پوشانی) اکوسیستم‌های موجود در هر منطقه توسط دو شاخص جاکارد<sup>۱</sup> ( $S_j$ ) و سورنسون<sup>۲</sup> ( $S_s$ ) انجام شد (Booth et al., 2003).

$$S_j = \frac{j}{a+b-j} \quad (2)$$

که  $j$  تعداد گونه‌های مشترک در هر دو اکوسیستم و  $a$  و  $b$  به ترتیب تعداد گونه‌های موجود در اکوسیستم اول و دوم است.

شاخص شباهت سورنسون شکل تغییر یافته شاخص جاکارد است و از طریق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$S_s = \frac{2j}{a+b} \quad (3)$$

### محاسبه تنوع زیستی میان اکوسیستم‌ها

برای محاسبه تنوع زیستی بین اکوسیستم‌های مختلف هر شهرستان و نیز مقایسه اکوسیستم‌های مشابه بین شهرستان‌ها، از شاخص شانون-وینر (۴) استفاده گردید (Shannon and Wiener, 1949).

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i) \quad (4)$$

$P_i$  نسبت تعداد هر گونه به کل افراد موجود در همان زیستگاه است و از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود (۵):

نمونه خاک‌های تهیه شده از هر کرت به‌طور جداگانه در داخل نایلون‌های پلی اتیلنی ریخته شد و پس از برچسب خوردن به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه از نمونه خاک موجود از هر کرت، حجم یکسانی (حدود ۲۰۰ گرم) برداشته شده و به مدت ۴ روز (۹۶ ساعت) در داخل قیف برلیز و در زیر نور سفید حاصل از لامپ‌های کم مصرف قرار گرفت. به‌منظور جلوگیری از خروج برخی از پادمان پس از قرارگیری نمونه‌های خاک در قیف، روی سطوح خاک با نایلون‌های روشن پوشانده شد. پس از این مدت، نمونه‌های پادمان شکار شده توسط قیف برلیز ابتدا به تفکیک خانواده یا جنس در داخل ظروف شیشه‌ای حاوی الکل اتیلیک ۷۵ درصد ریخته شد و پس از شفاف‌سازی و تهیه اسلاید با استفاده از منابع معتبر مانند (Potapow, 2002)، (Fjellberg, 1998) و (Thibaud et al., 2004) شناسایی شدند. شناسایی و تائید نهایی برخی از گونه‌های نیز بنا بر نوع نیاز و تخصص توسط دکتر میخائیل پوتاپوف از روسیه، دکتر داریوش اسکارژینسکی از لهستان و دکتر ایگور کارپوس از اکراین صورت پذیرفت. تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده در هر نمونه‌برداری شمارش و در داخل جدول‌های مخصوص، به تفکیک جنس یا گونه (بر اساس توانایی و امکانات شناسایی) یادداشت شد. در نتیجه بر اساس حجم خاک نمونه‌برداری شده، تراکم جمعیت هر گونه و یا جنس و نیز تراکم جمعیت کلی پادمان موجود در هر منطقه براساس تعداد در متر مکعب خاک تخمین زده شد.

### محاسبه شاخص‌های تنوع

#### شاخص‌های تنوع $\alpha$ ، $\beta$ و $\gamma$

برای محاسبه تنوع‌های  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  از روش ویتاکر استفاده شد (Whittaker, 1972). تنوع  $\alpha$ ، تعداد گونه‌های (غنا) گونه‌ای) موجود در یک اکوسیستم و یا زیستگاه را بیان می‌کند. درحالی که تنوع  $\beta$ ، تغییرات تعداد گونه‌ها را از یک اکوسیستم یا زیستگاه تا اکوسیستم دیگر نشان می‌دهد (تنوع گونه‌ای بین زیستگاه‌ها) و عبارت است از

1- Jaccard Index

2- Sorensen's Index

Excel انجام شد و مقایسه غنای گونه‌ای اکوسیستم‌های مختلف با استفاده از آزمون برابری نسبت Z صورت گرفت.

### نتایج

در مدت ۲۴ ماه نمونه برداری ماهیانه از سه ایستگاه مختلف جنگل‌های بلوط، مزارع گندم دیم و مراتع موجود در شهرستان‌های سرپل ذهاب و پاوه در مجموع ۴۱ گونه مختلف از پادمان شناسایی و شمارش گردید (جدول ۲).

### غنای گونه‌ای

مقایسه غنای گونه‌ای سه اکوسیستم مختلف نشان داد که در هر دو شهرستان مورد مطالعه، بیشتر بودن غنای گونه‌ای (تنوع  $\alpha$ ) اکوسیستم جنگل نسبت به دو اکوسیستم زراعی و مرتعی در سطح احتمال پنج درصد معنادار بود در صورتی که غنای گونه‌ای در اکوسیستم‌های مرتعی و مزرعه‌ای تفاوت معناداری با هم نداشت (جدول ۳). براساس شاخص  $\beta$  به‌طور کلی، در مقایسه جنگل با سایر اکوسیستم‌ها تغییرات بیشتری مشاهده می‌شود. مقایسه کلی شاخص گاما در دو شهرستان مختلف نشان داد که تنوع گاما در شهرستان پاوه (۸/۳) نسبت به شهرستان سرپل ذهاب (۴/۱۲) بیشتر بود.

### مقایسه تنوع گونه‌ای بین اکوسیستم‌های مختلف هر یک از شهرستان‌های مورد مطالعه

نتایج حاصل از محاسبه و مقایسه تنوع گونه‌ای در بین اکوسیستم‌های مختلف هر یک از دو شهرستان مورد مطالعه با استفاده از شاخص شانون به‌ترتیب در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.

نتایج نشان داد که در شهرستان سرپل ذهاب تنوع گونه‌ای اکوسیستم جنگلی (شاخص شانون ۲/۴۹) با دو اکوسیستم زراعی (۲/۲۶) و مرتعی (شاخص شانون ۱/۹۷) در سطح احتمال یک درصد تفاوت معناداری داشت. از سوی دیگر با وجود آن که غنای گونه‌ای مزرعه از مرتع بیشتر بود، اما بین تنوع گونه‌ای این دو اکوسیستم اختلاف معناداری مشاهده نشد.

$$P_i = n/N \quad (5)$$

که در این حالت  $n$  جمعیت هر گونه و  $N$  جمعیت کل گونه‌های موجود در اکوسیستم یا زیستگاه مورد نظر است. هرچند بالا بودن میزان شاخص شانون-وینر در هر اکوسیستم می‌تواند نشان از تنوع بالا در جمعیت پادمان آن اکوسیستم بر حسب تعداد گونه باشد، اما نیاز است به صورت آماری نیز این تفاوت‌ها بررسی گردد. به همین خاطر با استفاده از آزمون  $t$  و مقایسه  $t$  مشاهده شده ( $t$ ) حاصل از محاسبه تنوع شانون-وینر) با مقدار  $t$  بحرانی یا همان جدول  $t$ ، تفاوت آماری بین جامعه پادمان دو اکوسیستم بررسی گردید.  $t$  مشاهده شده به صورت زیر محاسبه گردید (۶):

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(\text{Var}H'_1 + \text{Var}H'_2)^{1/2}} \quad (6)$$

که در این حالت  $H$  شاخص محاسبه شده تنوع شانون-وینر در اکوسیستم‌های مختلف و  $\text{Var} H$ ، واریانس تنوع شانون-وینر است.

واریانس شاخص شانون با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۷):

$$\text{Var}H' = \frac{\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2}{N} - \frac{s-1}{(2N)^2} \quad (7)$$

درجه آزادی موجود در جامعه پادمان دو اکوسیستم مورد مقایسه، از طریق فرمول زیر (۸) محاسبه شد (Booth et al., 2003).

$$df = \frac{(\text{Var}H'_1 + \text{Var}H'_2)2}{\left[ \frac{(\text{Var}H'_1)^2}{N_1} \right] + \left[ \frac{(\text{Var}H'_2)^2}{N_2} \right]} \quad (8)$$

که در این حالت  $N_1$  و  $N_2$  به‌ترتیب مجموع افراد در زیستگاه‌های اول و دوم هستند. در صورت بزرگتر بودن مقدار  $t$  مشاهده شده از  $t$  جدول، وجود تفاوت آماری بین جامعه پادمان دو اکوسیستم تأیید می‌شود، در غیر این صورت دو اکوسیستم از تنوع مشابهی برخوردارند.

تحلیل داده‌ها با نرم‌افزارهای SPSS، Minitab 17 و

جدول ۲- درصد فراوانی گونه‌های مختلف پادمان موجود در دو شهرستان سرپل ذهاب و پاوه

Table 2. The frequency percentage of the different species of Collembola in two cities, Sare pol-e-Zahab and Paveh

Species	Sare pol-e-Zahab			Paveh		
	Jungle	Grassland	Filed crop	Jungle	Grassland	Filed crop
<i>Heterophorura cf. japonica</i> (Yosii, 1967)	5.02	-	-	2.16	-	-
<i>Prothophorura levantica</i> (Christiansen, 1956)	7.19	6.65	22.91	9.59	8.08	16
<i>Thalassaphorura zchokkei</i> (Handschin, 1919)	6.47	7.58	3.05	5	4.6	16.5
<i>Vibronychiurus archivari</i> (Christiansen, 1956)	1.47	-	-	1.31	-	-
<i>Metaphorura affinis</i> (Stach, 1954)	2.49	3.75	1.52	13.45	4.04	5.91
<i>M. denisi</i> (Bagnall, 1935)	4.34	5.39	4.11	5.51	1.61	1.72
<i>Mesaphorura italic</i> (Thibaud, 1996)	7.78	5.71	0.82	-	-	-
<i>M. machrocheta</i> (Rusek, 1976)	-	-	-	2.37	-	-
<i>Hypogastrura purpureascens</i> (Lubbock, 1867)	1.07	-	-	0.12	0.32	-
<i>H.cf manburialis</i> (Tullberg, 1869)	-	0.07	0.82	-	0.24	2.46
<i>Hypogastrura</i> sp <sub>1</sub> .	-	-	-	-	-	1.47
<i>Hypogastrura</i> sp <sub>2</sub> .	1.43	-	-	1.06	-	-
<i>Hypogastrura</i> sp <sub>3</sub> .	0.55	-	-	1.78	-	-
<i>H. martiani</i> (Skarżyński & Kaprus', 2009)	6.43	1.01	4.34	7.68	1.45	5.17
<i>Ceratophysella stercoraria</i> (Stach, 1963)	5.36	2.5	2.7	7.98	0.8	6.89
<i>Protanura papillata</i> (Cassagnau & Delamare Deboutteville, 1955)	0.39	-	-	0.33	-	-
<i>Neanura</i> sp <sub>1</sub> .	-	-	-	0.29	-	0.24
<i>Axenylodes monoculatus</i> (Jordana & Ardanaz, 1981)	2.55	11.11	-	2.24	0.48	-
<i>Arrhopalites</i> sp.	-	-	-	0.67	-	-
<i>Megalothorax</i> sp.	-	-	0.23	2.41	-	-
<i>Sminthurus viridis</i> (Linnaeus, 1758)	-	1.33	0.94	0.42	0.72	2.21
<i>Sminthurinus elegans</i> (Fitch, 1863)	0.25	-	-	0.12	-	-
<i>Spaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	0.15	-	0.35	0.5	0.08	0.24
<i>Sminthurus</i> sp <sub>1</sub> .	0.17	-	7.7	0.04	-	-
<i>Entomobrya nigrocincta</i> (Denis, 1923)	0.07	0.23	2.7	0.76	0.08	0.73
<i>Entomobrya</i> sp <sub>1</sub> .	0.33	1.25	0.7	0.29	0.56	3.69
<i>Entomobrya</i> sp <sub>2</sub>	-	-	-	-	0.08	-
<i>Cyphoderus bidenticulatus</i> (Parona, 1888)	-	-	-	0.21	-	-
<i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)	2.27	-	-	2.8	-	-
<i>Pseudosinella octopunctata</i> (Schött, 1902)	2.77	0.23	2.46	3.9	0.4	1.72
<i>Seira</i> sp.	1.41	3.99	7.52	2.54	6.38	17.7
<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)	0.93	-	-	2.41	0.56	2.95
<i>F. near similis</i> Bagnall, 1939	-	-	-	0.21	0.24	-
<i>Folsomides marchicus</i> (Frenzel, 1941)	34.88	43.81	36.31	7.51	61.27	10.09
<i>F. parvulus</i> Stach, 1922	4.56	4.92	5.05	1.74	7.03	1.23
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	1.03	-	-	6.96	-	-
<i>Desoria</i> sp.	0.67	0.31	0.94	-	-	-
<i>Desoria tigrina</i> (Nicolet, 1842)	0.81	-	-	3.26	-	2.7
<i>Isotoma pinuta</i>	0.01	-	-	-	0.8	-
<i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896)	0.87	0.07	-	2.2	-	0.24
<i>Hemisotoma orientalis</i> (Stach, 1947)	0.07	-	1.76	-	-	-

The frequency percentage of each species has been calculated based on the abundance of any species in each ecosystem to the total number of Collembola in that ecosystem.

جدول ۳- مقایسه تنوع گونه‌ای  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  در پادمان سه اکوسیستم مختلف دو شهرستان سرپل ذهاب و پاوهTable 3. Comparison of  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  biodiversity of Collembola in three different ecosystems of Sare pol-e-Zahab and Paveh cities

Whitaker index	Sare pol-e-Zahab			Paveh		
	Jungle (J <sub>1</sub> )	Grassland (P <sub>1</sub> )	Filed crop (F <sub>1</sub> )	Jungle (J <sub>2</sub> )	Grassland (P <sub>2</sub> )	Filed crop (F <sub>2</sub> )
$\alpha$	31	18	20	34	21	20
$\beta$	J <sub>1</sub> -P <sub>1</sub> =17	P <sub>1</sub> -F <sub>1</sub> =6	J <sub>1</sub> -F <sub>1</sub> =17	J <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> =19	P <sub>2</sub> -F <sub>2</sub> =9	J <sub>2</sub> -F <sub>2</sub> = 18
$\gamma$		4.12			8.3	

جدول ۴- مقادیر تنوع زیستی (شاخص شانون- وینر) جامعه پادمان در اکوسیستم‌های مختلف دو شهرستان سرپل ذهاب و پاوه

Table 4. The Shannon-Wiener biodiversity index of Collembola in different ecosystems of Sare pol-e-Zahab and Paveh cities

Biodiversity index	Sare pol-e-Zahab			Paveh		
	Jungle	Grassland	Filed crop	Jungle	Grassland	Filed crop
Shannon	2.49	1.97	2.26	3	1.55	2.43
Variance	0.0017	0.0043	0.0092	0.0042	0.0036	0.0159

جدول ۵- مقایسه تنوع زیستی جامعه پادمان در بین اکوسیستم‌های مختلف دو شهرستان سرپل ذهاب و پاوه (با استفاده از

مقادیر  $t$  مشاهده شده و  $t$  بحرانی بر اساس درجه آزادی)Table 5. Comparison the biodiversity of Collembola in different ecosystems of Sare pol-e-Zahab and Paveh counties (using  $t$ -value and degrees of freedom (df))

Types of calculated values	Sare pol-e-Zahab			Paveh		
	Jungle/Grassland	Jungle/Filed crop	Grassland/Filed crop	Jungle/Grassland	Jungle/Filed crop	Grassland/Filed crop
$t$ - value	6.6*	3.2*	2.5 <sup>ns</sup>	16*	4*	6*
df	2156	898	1232	3196	612	575
$t$ - table	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65

ns\_ not significantly different between two similar ecosystems, \*\_ significantly different (P&lt;0.01)

اکوسیستم‌های مشابه در دو شهرستان سرپل ذهاب و پاوه در جدول ۶ بیان شده است.

نتایج نشان داد که اکوسیستم جنگل در شهرستان پاوه تنوع بیشتری نسبت به شهرستان سرپل ذهاب داشت. اما اکوسیستم مرتع در شهرستان سرپل ذهاب تنوع بیشتری نسبت به شهرستان پاوه داشته و بین تنوع زیستی مزارع در دو شهرستان تفاوت معناداری دیده نشد.

اندازه گیری شاخص شباهت (هم‌پوشانی) در زیستگاه‌های مختلف هر شهرستان

میزان شباهت غنای گونه‌ای در زیستگاه‌های مختلف

در شهرستان پاوه نیز تنوع گونه‌ای جامعه پادمان در سه اکوسیستم جنگل، مرتع و مزرعه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معناداری داشتند. به عبارت دیگر اکوسیستم جنگل (شاخص شانون ۳) نسبت به دو اکوسیستم دیگر تنوع گونه‌ای بیشتری داشت و تنوع گونه‌ای اکوسیستم زراعی (شاخص شانون ۲/۴۳) نسبت به مرتعی (شاخص شانون ۱/۵۵) بیشتر بود.

مقایسه تنوع گونه‌ای بین اکوسیستم‌های مشابه دو شهرستان مورد مطالعه

نتایج حاصل از محاسبه و مقایسه‌ی تنوع گونه‌ای

دو شهرستان پاوه و سرپل ذهاب و با استفاده از شاخص سورنسون و جاکارد در جدول ۷ ارایه شده است. در هر دو شهرستان، میزان شباهت دو اکوسیستم مزرعه و مرتع در مقایسه با شباهت هر کدام از آن‌ها با جنگل بیشتر بود. از سوی دیگر، در شهرستان پاوه میزان شباهت اکوسیستم جنگل با دو اکوسیستم مزرعه و مرتع تقریباً مشابه بود. اما در شهرستان سرپل ذهاب میزان شباهت جنگل با مزرعه، در مقایسه با جنگل و مرتع کم‌تر بود.

جدول ۶- مقایسه تنوع جامعه پادمان در اکوسیستم‌های مشابه دو شهرستان با هم با استفاده از مقادیر *t* مشاهده شده و *t* بحرانی بر اساس درجه آزادی محاسبه شده

Table 6. Comparison between the similar ecosystems among two cities using *t*-value and degrees of freedom (df)

Types of calculated values	Filed crop (Sare pol-e-Zahab and Paveh)	Grassland (Sare pol-e-Zahab and Paveh)	Jungle (Sare pol-e-Zahab and Paveh)
<i>t</i> -value	0.88 <sup>ns</sup>	4.7*	6.6*
df	804	2306	4033
<i>t</i> -table	2.65	2.65	2.65

ns\_ not significantly different between two similar ecosystems, \*\_ significantly different (P<0.01)

جدول ۷- مقایسه میزان شباهت در جامعه پادمان در اکوسیستم‌های مختلف دو شهرستان سرپل ذهاب و پاوه

Table 7. Comparison the degree of overlapping among the different ecosystems of Sare pol-e-Zahab and Paveh counties

Indices	Sare pol-e-Zahab			Paveh		
	Jungle/Grassland	Jungle/Filed crop	Grassland/Filed crop	Jungle/Grassland	Jungle/Filed crop	Grassland/Filed crop
Sorenson	0.65	0.62	0.84	0.65	0.66	0.78
Jaccard	0.48	0.46	0.72	0.49	0.5	0.64

(Materna 2004؛ Chahartaghi et al., 2006).

از سوی دیگر وجود سایه‌اندازی درختان در مناطق جنگلی باعث می‌گردد که میزان رطوبت خاک در مقایسه با دو اکوسیستم دیگر تا حدودی بیشتر شود و به‌ویژه در ماه‌های گرم سال دمای خاک تا حدودی کاهش یابد که این عامل نیز می‌تواند در بالاتر بودن مقدار تنوع زیستی در جنگل مؤثر باشد (Cuchta et al., 2012؛ Huebner et al., 2012). نتایج تحقیقات گذشته نیز نشان داده است که در مناطق با تجمع بالای مواد آلی، تنوع و تراکم گونه‌های مختلف پادمان بیشتر بوده است (Doles et al., 2001؛ Bedano et al., 2006). برخلاف انتظار و با وجود آن که به نظر می‌رسد پایداری اکولوژیکی مراتع از مزارع بیشتر باشد و در نتیجه تنوع گونه‌ای

## بحث

مطالعات اکوسیستم‌های مختلف در بیشتر نقاط دنیا نشان داده است که اکوسیستم‌های جنگلی در مقایسه با اکوسیستم‌های دیگر مانند مراتع و اکوسیستم‌های زراعی دارای تنوع گونه‌ای بالاتری هستند (Maraun et al., 2003). مطابق با این فرضیه و با توجه به داده‌های تنوع گونه‌ای به‌دست آمده در این تحقیق، پادمان در هر دو شهرستان سرپل ذهاب و پاوه در اکوسیستم جنگلی تنوع گونه‌ای بالاتری نسبت به دو اکوسیستم زراعی و مرتعی داشتند. این تنوع زیستی بالاتر را می‌توان به عوامل مختلفی مانند وجود خاک برگ و مواد غذایی بیشتر در جنگل نسبت به دو اکوسیستم دیگر و همچنین پایداری اکولوژیکی بیشتر جنگل از دو اکوسیستم دیگر نسبت داد

به‌عنوان مثال از خانواده Isotomidae تنها سه گونه در مراتع یافت شدند و در این میان فراوانی دو گونه *Folsomides marchicus* (Ferenzel, 1941) (۷۵۷ عدد) و *F. parvulus* Stach, 1922 (۸۷ عدد) بسیار بیشتر از دو گونه مذکور در مزرعه (به ترتیب ۴۱ و ۵ عدد) بود. به عبارت دیگر به نظر می‌رسد دو گونه فوق نسبت به سایر گونه‌ها حساسیت کم‌تری نسبت به فشردگی خاک (و احتمالاً سایر فاکتورهای موجود در خاک) داشته باشند و به همین خاطر فراوانی آن‌ها به شدت افزایش یافته است به نحوی که گونه *F. marchicus* به‌عنوان گونه غالب در مراتع دو شهرستان شناخته شده است.

۲- با توجه به آن‌که شغل اصلی مردم شهرستان پاوه باغبانی و دامداری است، مراتع این شهرستان به شدت مورد توجه دامداران بوده و همه ساله به‌طور بی‌رویه مورد چرای دامها قرار می‌گیرد. این امر نیز به نوبه خود می‌تواند در کاهش تنوع در مراتع شهرستان مؤثر باشد. نتایج سایر پژوهشگران نیز نشان داده است که در چراگاه‌ها، چرانیدن می‌تواند به‌طور مشخصی در کاهش جمعیت پادمان مؤثر باشد (Larsen et al., 2004).

۳- در منطقه سرپل ذهاب با توجه به شرایط آب و هوایی مساعد جهت کشاورزی (گاهی کشت دوم نیز در منطقه انجام می‌شود)، بسیاری از مراتع موجود توسط عشایر و کشاورزان تخریب و به زمین‌های کشاورزی تبدیل شده‌اند. از آنجایی که در این حالت و به دلیل شیب نامناسب، شخم در جهت موافق شیب زده می‌شود بسیاری از مواد غذایی خاک در اثر باران‌های فصلی شسته شده و در نتیجه بعد از چند سال زمین‌های کشاورزی به حال خود رها می‌شوند. در مراتع مورد مطالعه این شهرستان نیز هر چند در زمان نمونه‌برداری و چند سال قبل از آن کشتی در آن صورت نگرفته بود اما شواهد نشان‌دهنده آن بود که در سال‌های قبل مورد توجه کشاورزان منطقه بوده است و حتی در مجاورت منطقه مورد نظر مراتع فراوانی زیر کشت غلات بودند.

نیز در مراتع بالاتر باشد (Bolger and curry, 1984؛ Maraun et al., 2003؛ Fox et al., 1999)، اما مقایسه تنوع گونه‌ای در دو اکوسیستم مرتعی و زراعی در دو شهرستان مذکور نشان داد که تنوع گونه‌ای مزرعه از مرتع در شهرستان پاوه بیشتر بود و در شهرستان سرپل ذهاب تفاوت معناداری بین آن‌ها دیده نشد. این در حالی است که Bedano et al. (2006) تراکم جمعیت پادمان را در چهار منطقه‌ی مختلف شامل مراتع طبیعی، منطقه پوشیده از فضولات گاوی (پرورش گاو)، منطقه کشاورزی و مراتع طبیعی همراه با چرای دام (کود حیوانی) مورد ارزیابی قرار داد و نشان داد که بیشترین تنوع گونه‌ای در مراتع طبیعی و کم‌ترین آن در منطقه کشاورزی دیده شده است (Bedano et al., 2006). علت‌های مختلفی برای پایین بودن تنوع گونه‌ای در مراتع در مقایسه با مزارع در این تحقیق می‌توان بر شمرد که بعضی از آن‌ها به شرح ذیل است:

۱- در شهرستان پاوه با توجه به کوهستانی بودن منطقه مراتع چندانی دیده نمی‌شود و اکثر مراتع به باغات انار تبدیل شده‌اند. مراتع باقی‌مانده نیز به شدت سنگلاخی بوده و خاک آن‌ها به شدت فشرده شده است به طوری که برای برداشتن خاک باید حتماً از کلنگ استفاده شود. فشردگی خاک و سنگلاخی بودن مرتع در این شهرستان می‌تواند از جمله دلایل احتمالی در کاهش جمعیت گونه‌ها در این شهرستان باشند. Larsen et al. (2004) در تحقیقی نشان دادند که تراکم و فشردگی بیش از حد خاک می‌تواند روی جمعیت پادمان تأثیر گذارد و در این میان ممکن است واکنش گونه‌های مختلف نسبت به این تغییرات متفاوت باشد. در تحقیق نامبردگان مشخص گردید که در خاک‌های فشرده، گونه‌های خانواده Isotomidae بیش‌تر از افراد خانواده Onychiuridae حساسیت نشان دادند. در این تحقیق نیز مشخص گردید که فراوانی جمعیت برخی از گونه‌ها در اکوسیستم مرتعی شهرستان پاوه بسیار بیشتر از اکوسیستم مزرعه بود.

۴- نتایج Gillet and Pong (2005) نشان داده است که گونه‌های مختلف پادمان ممکن است در مواجهه آلودگی‌های مختلف نفتی و فلزات سنگین واکنش‌های مختلفی را از خود بروز دهند. ایشان در تحقیق خود دو منطقه آلوده به مواد نفتی در پالایشگاه استراسبورگ و منطقه عاری از آلودگی نفتی را مقایسه کرده و نشان دادند که تنوع گونه‌ای در این دو منطقه به شدت با هم متفاوت می‌باشند. به طوری که در منطقه آلوده تنها ۹ گونه مختلف از پادمان شناسایی شدند در صورتی که در منطقه عاری از آلودگی تعداد ۲۷ گونه یافت شد. در نزدیکی مراتع مورد مطالعه در شهرستان سرپل ذهاب نیز فعالیت‌های نفتی در قالب یک محوطه پالایشگاهی صورت گیرد هر چند نمی‌توان نشأت نفت را در مراتع مورد مطالعه تأیید نمود اما به نظر می‌رسد این عامل نیز می‌تواند در کاهش تنوع زیستی پادمان در این منطقه مؤثر باشد. در مراتع این شهرستان دو گونه *F. marchicus* (۵۶۰ عدد) و *Axenyllodes monoculatus* Jordana & Ardanaz, 1981 (۱۴۲ عدد) به عنوان گونه‌های غالب شناخته شدند در صورتی که فراوانی این دو گونه در مزارع شهرستان سرپل ذهاب به ترتیب ۳۰۹ و صفر بود. در مجموع وجود یک یا چند گونه غالب با فراوانی نسبی بسیار بالا باعث کاهش شدید یکنواختی جامعه پادمان در مراتع سرپل ذهاب و کاهش تنوع زیستی آن‌ها شده است.

مقایسه تنوع گونه‌ای در جنگل‌های دو شهرستان نشان داد که تنوع گونه‌ای در جنگل‌های بلوط پاوه بیشتر از شهرستان سرپل ذهاب بود. به نظر می‌رسد عمده‌ترین دلیل این اختلاف تخریب جنگل‌های بلوط باشد. در شهرستان سرپل ذهاب به دلیل شرایط آب و هوایی گرم، تراکم جنگل‌های بلوط در مقایسه با شهرستان پاوه بسیار کم‌تر است. از سوی دیگر متاسفانه بخش وسیعی از این جنگل‌ها، توسط عشایر و مردم منطقه تخریب و به مزارع تبدیل شده‌اند و یا آنکه درختان بلوط قطع شده و به صورت غیرقانونی برای سوزاندن و فروش به صورت

زغال مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همین امر باعث شده است که در جنگل‌های شهرستان سرپل ذهاب پراکندگی درختان بسیار بیشتر شود و در نتیجه سطح سایه‌انداز و خاک برگ موجود در پای درختان بسیار کم‌تر از منطقه پاوه باشد. تحقیقات اخیر صورت گرفته در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران نشان داد که رطوبت و دما به عنوان یکی از عوامل اصلی تعیین تراکم جمعیت پادمان موجود در این منطقه است. از سوی دیگر تحقیق مذکور نشان داد که تنوع گونه‌ای پادمان موجود در مناطق شمال ایران در مقایسه با جنگل‌های مناطق اروپایی و آمریکایی کم‌تر بود و این تنوع کم می‌تواند به دلیل فاکتورهای مختلفی از جمله pH و مواد آلی موجود در خاک (با توجه به بالا بودن میزان اسیدیته خاک جنگل‌های شمال ایران) باشد (Mehrafrooz-Mayvan et al., 2015). در شهرستان پاوه به دلیل پایین‌تر بودن میانگین دمای هوا، شرایط تا حدودی برای رویدن درختان بلوط مساعدتر می‌باشد. از سوی دیگر، در شهرستان پاوه به دلیل عدم وجود راه مناسب و شرایط کوهستانی‌تر آن دسترسی تاجران زغال به مناطق جنگلی به مراتب کم‌تر از شهرستان سرپل ذهاب بوده و درختان بلوط با تراکم بسیار بیشتری در منطقه یافت می‌شوند. علاوه بر آن به دلیل آن که شغل اغلب مردم این منطقه باغداری و دامداری است، لذا تمایل مردم منطقه به قطع درختان و تبدیل آن‌ها به مزارع کشاورزی بسیار کم‌تر است.

نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع گونه‌ای در مراتع سرپل ذهاب از شهرستان پاوه بیشتر بود. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد علت کاهش تنوع پادمان در مراتع شهرستان پاوه را می‌توان به مواردی چون سنگلاخی بودن و فشردگی بسیار بیشتر خاک و چرای بی‌رویه دام نسبت داد. به طوری که هر چند تعداد گونه‌ها (غناهی گونه‌ای) در مراتع شهرستان پاوه کمی بیشتر از شهرستان سرپل ذهاب بود (۲۱ گونه در مقابل ۲۰ گونه) اما جمعیت بالای برخی از گونه‌ها از جمله *F. marchicus* (۷۵۸)

در خاک مؤثر باشد (Bolger and Curry, 1984)؛ Neave and Fox, 1998؛ Fox et al., 1999؛ Petersen, 2002. Alvares et al. (1997) با مطالعه دو مزرعه نخود و جو دریافتند که فراوانی پادمان در مزرعه نخود بیش از مزرعه جو بود و این اختلاف می‌تواند در اثر نحوه عملیات مکانیزه در این دو محصول باشد. مقایسه شاخص‌های شباهت (شاخص‌های سورنسون و جاکارد) نیز در میان زیستگاه‌های مختلف نشان داد که در هر دو شهرستان شباهت بین مرتع و مزرعه بیشتر از شباهت بین هر یک از آن‌ها با جنگل بلوط بود. در واقع با توجه به اختلاف پوشش جنگل با مزرعه و مرتع، و عوامل دیگری مانند وجود منابع غذایی، سطح سایه‌انداز و پایداری اکولوژیکی بیشتر در مناطق جنگلی، این اختلاف تا حدودی قابل توجیه است.

### سپاس‌گزاری

بدین وسیله نویسندگان از حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی می‌کنند. همچنین از دکتر میخائیل پوتاپوف از روسیه، دکتر داریوش اسکارژینسکی از لهستان و دکتر ایگور کارپوس از اکراین در جهت کمک به شناسایی نهایی برخی از گونه‌های پادمان کمال تشکر و قدردانی را دارند.

عدد) و *F. parvulus* (۸۷ عدد) در مقایسه با سایر گونه‌های این منطقه، سبب کاهش یکنواختی و در نتیجه تنوع زیستی جامعه پادمان در مراتع این منطقه شده است. مقایسه تنوع زیستی مزارع دو شهرستان نشان داد که با وجود غنای بیشتر گونه‌ای در مزارع بررسی شده در شهرستان پاوه، اختلاف معناداری در تنوع گونه‌ای زیستگاه مذکور در دو شهرستان مورد مطالعه یافت نشد. در هر یک از این شهرستان‌ها عوامل مختلفی وجود دارند که می‌توانند روی فراوانی گونه‌های موجود تأثیرگذار باشند و در نهایت برآیند آن‌ها باعث شده است که از لحاظ تنوع، تفاوتی بین آن‌ها مشاهده نشود. در شهرستان پاوه با توجه به وجود دامداری و گاوداری‌های زیاد، گاهی اوقات علاوه بر کود شیمیایی از کودهای حیوانی نیز در مزارع استفاده می‌شود. از سوی دیگر سنگلاخی بودن اکثر مزارع در این شهرستان سبب شده است که ادوات مکانیزه به اندازه شهرستان سرپل ذهاب در مزارع مورد استفاده قرار نگیرند. در صورتی که در شهرستان سرپل ذهاب با توجه به مسطح بودن منطقه، کشت مکانیزه در سطح وسیع‌تری صورت گرفته است. نتایج بسیاری از پژوهشگران دیگر نیز نشان داده است که انجام مداوم عملیات خاک‌ورزی و برهم زدن شدید ساختار خاک می‌تواند روی تراکم گونه‌های پادمان موجود

### REFERENCES

- Alvares, T., Frampton, G.K., and Goulson, D. 1997. Population dynamics of epigeic Collembola in arable fields; the importance of hedgerow proximity and crop type. *Pedobiologia*, 41: 110-114.
- Arebea, J., and Kahrarian, M. 2015. Two new species and new data of Isotomidae Schaeffer, 1896 (Collembola: Entomobryomorpha) from Iran. *Arquivos Entomoloxicos*, 14: 71-88.
- Bedano, J.C., Cantu, M.P., and Doucet, M.E. 2006. Soil springtails (Hexapoda: Collembola), symphylans and pauropods (Arthropoda: Myriapoda) under different management systems in agroecosystems of the subhumid Pampa (Argentina). *European Journal of Soil Biology*, 42: 107-119.

- Bolger, T., and Curry, J.P. 1984. Influences of pig slurry on soil microarthropods in grassland. *Review of Ecology and Biology*, 21: 269-281.
- Booth, B.D., Murphy, S.D., and Swanton, C.J. 2003. Weed ecology in natural and agricultural systems. CABI Publishing. P. 303.
- Chagnon, M., Hebert, C., and Pare, D. 2000. Community structures of Collembola in sugar maple forests: relations to humus type and seasonal trends. *Pedobiologia*, 44: 148-174.
- Chahartaghi, M., Scheu, S., and Ruess, L. 2006. Sex ratio and mode of reproduction in Collembola of an oak-beech forest. *Pedobiologia*, 50: 331-340.
- Choi, W.I., Neher, D.A., and Ryoo, M.I. 2008. Life-history trade-offs of *Paronychiurus kimi* (Lee) (Collembola: Onychiuridae) populations exposed to paraquat. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69: 227-232.
- Cuchta, P., Miklisova, D., and Kova, L. 2012. A three-year study of soil Collembola communities in spruce forest stands of the High Tatra Mts (Slovakia) after a catastrophic windthrow event. *European Journal of Soil Biology*, 50: 151-158.
- Doles, J.L., Zimmerman, R.J., and Moore, J.C. 2001. Soil microarthropod community structure and dynamics in organic and conventionally managed apple orchards in Western Colorado, USA. *Applied Soil Ecology*, 18: 83-96.
- Dunger, W., Schulz, H.J., and Zimdars, B. 2002. Colonization behaviour of Collembola under different conditions of dispersal. *Pedobiologia*, 46: 316-327.
- Fjellberg, A. 1998. The Collembola of Fennoscandia and Denmark: Poduromorpha. BRILL, Leiden, Boston, Koln. P. 184.
- Fox, C.A., Fonseca, E.J., Miller, A.J.J., and Tomlin, A.D. 1999. The influence of row position and selected soil attributes on Acarina and Collembola in no-till and conventional continuous corn on a clay loam soil. *Applied Soil Ecology*, 13: 1-8.
- Gillet, S., and Ponge, J.F. 2005. Species assemblages and diets of Collembola in the organic matter accumulated over an old tar deposit. *European Journal of Soil Biology*, 41 (1-2): 39-44.
- Hopkin, S.P. 2002. The biology of the Collembola (Springtails): The most abundant insects in the world. Available from URL [Http://www.fathom.com/feature/122603/](http://www.fathom.com/feature/122603/).
- Huebner, K., Lindo, Z., and Lechowicz, M.J. 2012. Post-fire succession of collembolan communities in a northern hardwood forest. *European Journal of Soil Biology*, 48: 59-65.
- Kahrarian, M., Karpus, I., Vafaei\_Shoshtar, R., and Shyanmehr, M. 2016. New records of Onychiurinae (Collembola: Onychiuridae) for the Iranian Springtail fauna. *Journal of Insect Biodiversity and Systematics*, 2(2): 219-228.

Larsen, T., Schönning, P., and Axelsen, J. 2004. The impact of soil compaction on eudaphic Collembola. *Applied Soil Ecology*, 26: 273-281.

Loranger, G., Bandyopadhyaya, I., Razaka, B., and Ponge, J.F. 2001. Does soil acidity explain altitudinal sequences in collembolan communities? *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 381-393.

Maraun, M., Salamon, J., Schneider, K., Schaefer, M., and Scheu, S. 2003. Oribatid mite and collembolan diversity, density and community structure in a modern beech forest (*Fagus sylvatica*): effects of mechanical perturbations. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 1387-1394.

Materna, J. 2004. Does forest type and vegetation patchiness influence horizontal distribution of soil Collembola in two neighbouring forest sites? *Pedobiologia*, 48: 339-343.

Meffe, G.K., Nielsen, L.A., Knight, R.L., and Schenborn, D.A. 2002. *Ecosystem management adaptive, community-based conservation*. Island Press. P. 313.

Mehrafrooz-Mayvan, M., Shayanmehr, M., and Scheu, S. 2015. Depth distribution and inter-annual fluctuations in density and diversity of Collembola in an Iranian Hyrcanian forest. *Soil Organisms*, 87(3): 239-247.

Neave, P., and Fox, C.A. 1998. Response of soil invertebrates to reduced tillage systems established on a clay loam soil. *Applied Soil Ecology*, 9: 423-428.

Petersen, H. 2002. Effects of non-inverting deep tillage vs. conventional ploughing on collembolan populations in an organic wheat field. *European Journal of Soil Biology*, 38: 177-180.

Pflug, A., and Wolters, V. 2001. Influence of drought and litter age on Collembola communities. *European Journal of Soil Biology*, 37: 305-308.

Potapow, M. 2002. Synopses on palaeartic collembola. Volume 3, Isotomidae. In: Dunger, W. (ed.). *Staatliches Museum fur Naturkunde Gorlitz*. P. 583.

Shannon, C.E. and Wiener, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, IL.

Shayanmehr, M., Yahyapour, E., Kahrarian, M., and Yoosefi Lafooraki, E. 2013. An introduction to Iranian Collembola (Hexapoda): an update to the species list. *ZooKeys*, 335: 69-83.

Siepel, H., and Van de Bund, C. 1988. The influence of management practices on the microarthropod community of grassland. *Pedobiologia*, 31: 339-354.

Sousa, J.P., da Gama, M.M., Pinto, C., Keating, A., Calhoa, F., Lemos, M., Castro, C., Luz, T., Leitao, P., and Dias, S. 2004. Effects of land-use on Collembola diversity patterns in a Mediterranean landscape. *Pedobiologia*, 48: 609-622.

Thibaud, J.M., Schulz, H.J., and Gama Assalino, M.M. 2004. Hypogastruridae. In: Dunger, W. (ed.). Synopses on Palaearctic Collembola. Vol. 4, Staatliches Museum fur Naturkunde Gorlitz. P. 287.

Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21 (2/3): 213-251.

## Investigating biodiversity of springtails (Hexapoda: Collembola) in three different ecosystems in Kermanshah province, Iran

M. Kahrarian<sup>1\*</sup>, R. Vafaei-Shoushtari<sup>2</sup> and E. Soleyman-Nejadian<sup>3</sup>

1. **\*Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Plant Breeding and Agronomy, Faculty of Agriculture, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran (mortezakahrarian@gmail.com)
2. Assistant Professor, Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
3. Associate Professor, Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

Received: 10 July 2016

Accepted: 6 May 2017

---

### Abstract

The biodiversity of Collembola was evaluated in three different ecosystems: field crop, oak forest and grassland in two cities (Paveh and Sare pol-e-Zahab) monthly from May 2012 to May 2014. In each site, a soil sample was collected with a diameter of 10 cm and 13 cm depth. Species richness, biodiversity and the indices of similarity were calculated using  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , Shannon-Wiener, and Jaccard-Sorenson indices. The results showed that the biodiversity and species richness of forest was higher than the field crop and grassland in two different cities. In Paveh, the species richness of the field crop was higher than the grassland. However, there was no significant difference between the field crop and grassland in Sare pol-e-Zahab city, unexpectedly. Comparison between the similar ecosystems between the two cities showed that the biodiversity of Paveh's forest was higher than the forest of Sare pol-e-Zahab. By contrast, the biodiversity in Sare pol-e-zahab's grassland was higher than that of Paveh and there was no significant difference between the field crop in the two different cities. Comparison of Shannon- gamma index between the two cities showed that biodiversity of Paveh was higher than that of Sare pol-e-Zahab. Comparison of the different ecosystems showed that the field crop and grassland had more similarity compared to the forest in the two cities.

**Keywords:** *Biodiversity, Springtail, Species richness, Kermanshah*