

Species Diversity of Springtails (Hexapoda: Collembola) in Four Different Ecosystems of Lorestan Province, Iran

Teimour Moradi ¹, Reza Vafaei Shoushtari ^{2*}, Morteza Kahrarian ³, Amir Mohseni Amin ⁴

¹ Ph. D. Student of Entomology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran

² Assistant Professor, Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran

³ Associate Professor, Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

⁴ Assistant Professor, Lorestan Natural Resources and Agriculture Research and Education Center (Boroujerd Campus), Agricultural Research, Education and Extension organization (AREEO), Boroujerd, Iran

Abstract

In this research, the biodiversity of Collembola was studied in four different ecosystems (oak forests, pastures, fields, and fruit orchards) in Khorramabad and Delfan counties during 8 months of 2016. For this purpose, in each ecosystem, a cycle area with about 50m radius was selected and samples were taken from 10 plots each with 10 m² inside the cycle. At the time of sampling, a soil sample from each plot at a depth of 20 cm and a surface area of 100 cm² was collected and the population of Collembola was counted in the sample. The species structure and diversity were calculated using Shannon, Simpson, and Brilloun using Excel and SDR v.4 software. The diversity of species of different ecosystems showed that in both regions, the diversity of forest species was more than other ecosystems. In contrast, the field ecosystems of Khorramabad and Delfan rangeland had the least amount of species diversity. The overall comparison of the two cities showed that in general, Delfan city (with a Shannon index of 1.881) had a greater diversity of species than Khorramabad (with a Shannon index of 1.669). Calculations of the species structure of the springtails population in the province showed that the species *Protaphorura* sp. was eudominant in Delfan city. This species along with *Ceratophysella stercoraria* were dominant in Khorramabad. It seems that the two species were unrestricted in terms of height, temperature and humidity in the two cities.

Key words: Biodiversity, Collembola, Dominant species, West of Iran.

* ourius131@yahoo.com

بررسی تنوع گونه‌ای دم‌فتری‌ها (Hexapoda: Collembola) در چهار بوم‌سازگان مختلف استان لرستان، ایران

تیمور مرادی^۱، رضا وفایی شوشتری^{۲*}، مرتضی کهراریان^۳ و امیر محسنی امین^۴

^۱ دانشجوی دکتری حشره شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، اراک، ایران

^۲ استادیار گروه حشره شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، اراک، ایران

^۳ دانشیار گروه حشره شناسی، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

^۴ استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان (پردیس بروجرد)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بروجرد، ایران

چکیده

در این پژوهش تنوع گونه‌ای جمعیت دم‌فتری‌ها در چهار بوم‌سازگان جنگل بلوط، مرتع، مزرعه و باغ میوه واقع در شهرستان‌های خرم‌آباد و دلفان از توابع استان لرستان، طی هشت ماه از سال ۱۳۹۵، ارزیابی شد. برای این منظور در هر بوم‌سازگان، زمینی به شعاع ۵۰ متر به‌عنوان جامعه نمونه‌برداری تعیین و از هر جامعه، ۱۰ کرت به مساحت تقریبی هر کرت ۵۰ متر مربع انتخاب شد. در زمان نمونه‌برداری، از هر کرت یک نمونه خاک به عمق ۲۰ سانتی‌متر و سطح ۱۰۰ سانتی‌متر مربع، جمع‌آوری و جمعیت دم‌فتری‌های موجود در آن شمارش شد. محاسبه ساختار و تنوع گونه‌ای با استفاده از شاخص‌های شانون، سیمپسون و بریلوین به کمک نرم‌افزارهای Excel و SDR v.4 انجام شد. مقایسه تنوع گونه‌ای بوم‌سازگان‌های مختلف نشان داد در هر دو منطقه، تنوع گونه‌ای جنگل از سایر بوم‌سازگان‌ها بیشتر بود و در مقابل، بوم‌سازگان زراعی خرم‌آباد و مرتع دلفان دارای کمترین میزان تنوع گونه‌ای بودند. مقایسه کلی دو شهرستان نشان داد در مجموع شهرستان دلفان (با شاخص شانون ۱/۸۸) در مقایسه با خرم‌آباد (با شاخص شانون ۱/۶۶۹) دارای تنوع گونه‌ای بیشتری بود. براساس محاسبات ساختار گونه‌ای جمعیت دم‌فتری‌های استان نیز گونه *Protaphorura* sp. گونه فوق‌غالب در شهرستان دلفان و این گونه همراه با گونه *Ceratophysella stercoraria* گونه‌های غالب در شهرستان خرم‌آباد بودند. چنین به نظر می‌رسد که دو گونه گفته‌شده بدون هیچ‌گونه محدودیتی از نظر اختلاف ارتفاع، دما و رطوبت در دو شهرستان وجود داشتند.

واژه‌های کلیدی: تنوع زیستی، پادمان، گونه غالب، غرب ایران.

مقدمه

آنها به حدود ۴۱۲ میلیون سال پیش برمی‌گردد

(Hopkin, 1997). این بندپایان در فرآیندهای

زیست‌محیطی از قبیل تجزیه مواد آلی، سهم عمده‌ای

دم‌فتری‌ها (پادمان) از جمله قدیمی‌ترین شش‌پایان

موجود در زمین به شمار می‌روند و آثار ناشی از وجود

* ourius131@yahoo.com

Copyright©2019, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

Doi: [10.22108/tbj.2020.118851.1097](https://doi.org/10.22108/tbj.2020.118851.1097)

2015; Smolis *et al.*, 2016; Kahrarian *et al.*, 2016; Moradi *et al.*, 2018) و پژوهش‌های کمی درباره تنوع گونه‌ای و سایر فعالیت‌های مرتبط با آن انجام شده است. نتایج پژوهش‌های Kahrarian و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد در دو شهرستان پاوه و سر پل ذهاب از استان کرمانشاه، فراوانی نسبی و تنوع گونه‌ای دم‌فتری‌ها در بوم‌سازگان جنگلی از بوم‌سازگان‌های زراعی و مرتعی بیشتر بود؛ همچنین مقایسه میزان شباهت بوم‌سازگان‌های مختلف نشان داد در هر دو شهرستان، میزان شباهت در دو بوم‌سازگان مزرعه و مرتع در مقایسه با شباهت هر کدام از آنها با جنگل بیشتر بود؛ علاوه بر آن Kahrarian (۲۰۱۹) در پژوهش دیگری بیان کرد در دو شهرستان مطالعه شده در استان کرمانشاه (شهرستان‌های پاوه و سر پل ذهاب)، حضور بیشتر گونه‌های پادمان رابطه مستقیمی با دمای خاک و رابطه معکوسی با رطوبت خاک داشته است.

استان لرستان یکی از استان‌های غربی ایران با آب‌وهوای متنوع و میزان بارش سالیانه ۴۰۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر است (Moradi, 2011). داشتن شرایط متنوع آب‌وهوایی و وجود بوم‌سازگان‌های مختلف در استان و نیز اشتغال درصد چشمگیری از جمعیت استان به کشاورزی و دام‌پروری که سبب بروز فاکتورهای نامناسبی از دخالت‌های انسانی از جمله قطع درختان جنگلی، تبدیل مراتع به مزارع، فشردگی خاک مراتع در اثر چرای بیش از حد دام‌ها، استفاده‌های فراوان از سموم و کودهای شیمیایی و غیره می‌شود، در این پژوهش باعث ارزیابی و مطالعه شاخص‌های مختلف مرتبط با تنوع گونه‌ای دم‌فتری‌های موجود در بوم‌سازگان‌های مختلف دو شهرستان دلفان و خرم‌آباد (به‌عنوان پایلوت) شد. انتخاب این دو شهرستان به دلایلی از جمله وجود بوم‌سازگان‌های مشابه و وجود

دارند (Maunsell *et al.*, 2013). براساس پژوهش‌های انجام‌شده، دم‌فتری‌ها به‌طور مؤثری به تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی رخ داده حتی با افزایش خیلی کم ارتفاع، پاسخ می‌دهند؛ از این رو در جایگاه اهداف پایش در تغییرات آب‌وهوایی جنگل‌ها به کار می‌روند (Maunsell *et al.*, 2013)؛ همچنین وجود برخی از دم‌فتری‌ها به دلایلی از جمله آثار متقابل گونه‌ای و عادت‌های تغذیه‌ای، بر کارایی گیاهان موجود در آن منطقه تأثیر گذار است (Eisenhour, *et al.*, 2011).

عوامل مختلفی بر فراوانی و تنوع جمعیت دم‌فتری‌ها تأثیر می‌گذارد. Culik و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند عملیات خاک‌ورزی و شخم رایج با ادوات کشاورزی بر تنوع دم‌فتری‌ها تأثیر گذار است؛ به طوری که زمین‌های کشاورزی بدون شخم تراکم و تنوع بیشتری در مقایسه با زمین‌های کشاورزی با شخم رایج داشتند. آلودگی خاک از دیگر عوامل مؤثر بر غنا و تنوع گونه‌ای پادمان است. پژوهش‌ها نشان داده است در زمین‌هایی با غلظت زیاد عناصر کادمیوم (Cd)، روی (Zn) و مس (Cu)، غنای گونه‌ای دم‌فتری‌ها به‌طور شایان توجهی کاهش می‌یابد (Fiera, 2009). نتایج پژوهش Mehrafrooz - Mayvan و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که تنوع و تغییرپذیری اجتماع دم‌فتری‌های خاک‌زی در لایه‌های بالایی خاک جنگل سمسکنده واقع در شهرستان ساری استان مازندران از لایه‌های پایینی بیشتر بود و بیشترین میزان تنوع دم‌فتری‌ها در لایه خاک برگ و در فصل زمستان مشاهده شد؛ همچنین کمترین میزان تنوع مربوط به لایه ۴ تا ۷ سانتی‌متری در فصل تابستان بود.

در غرب ایران تاکنون بیشتر مطالعات انجام‌شده درباره پادمان، روی شناسایی گونه‌ها صورت گرفته (Kahrarian *et al.*, 2013; Arbea and Kahrarn,)

و خرم‌آباد مطالعه و بررسی شد. محدوده ارتفاع از سطح دریا در بوم‌سازگان‌های شهرستان خرم‌آباد از ارتفاع ۱۲۶۲ متر در باغ میوه تا ۱۳۱۰ متر در دو بوم‌سازگان جنگل و مزرعه و در شهرستان دلفان از ۱۷۷۹ متر در بوم‌سازگان مرتع تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری در جنگل است (جدول ۱).

فاکتورهای محیطی متفاوت (ارتفاع از سطح دریا، دما و میزان بارندگی) در هر دو شهرستان بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، تنوع گونه‌ای جمعیت دم‌فتری‌ها در چهار بوم‌سازگان مختلف شامل بوم‌سازگان‌های زراعی، مرتع، جنگل بلوط و باغ میوه در دو شهرستان دلفان

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی بوم‌سازگان‌های مختلف جنگل بلوط، مزرعه، مرتع و باغ میوه مطالعه شده در دو شهرستان خرم‌آباد و دلفان H: ارتفاع از سطح دریا، E: طول جغرافیایی و N: عرض جغرافیایی.

بوم‌سازگان / شهرستان	موقعیت جغرافیایی			
	جنگل بلوط	مزرعه	مرتع	باغ میوه
خرم‌آباد	H: ۱۳۱۰	H: ۱۳۱۰	H: ۱۳۰۳	H: ۱۲۶۲
	E: ۴۸° ۱۷' ۰۱"	E: ۴۸° ۱۸' ۲۸"	E: ۴۸° ۱۹' ۰۹"	E: ۴۸° ۱۷' ۳۱"
	N: ۳۳° ۳۵' ۴۷"	N: ۳۳° ۳۶' ۲۲"	N: ۳۳° ۳۳' ۳۹"	N: ۳۳° ۳۴' ۵۹"
دلفان	H: ۲۰۰۰	H: ۱۸۲۸	H: ۱۷۷۹	H: ۱۸۷۹
	E: ۴۷° ۵۱' ۴۳"	E: ۴۷° ۵۷' ۲۵"	E: ۴۷° ۵۴' ۴۳"	E: ۴۷° ۵۲' ۳۰"
	N: ۳۴° ۰۰' ۴۶"	N: ۳۴° ۰۳' ۱۳"	N: ۳۳° ۰۸' ۳۲"	N: ۳۴° ۰۰' ۴۶"

نمونه‌برداری

در هر بوم‌سازگان ابتدا منطقه‌ای به شعاع ۵۰ متر در جایگاه جامعه‌ای آماری انتخاب و با دستگاه جی پی اس (GPS) موقعیت جغرافیایی و ارتفاع آن از سطح دریا محاسبه شد؛ سپس از هر جامعه آماری ۱۰ کرت مجزا به مساحت هر کرت ۵۰ متر مربع انتخاب شد. از هر کرت به صورت تصادفی، در هر نمونه‌برداری یک نمونه خاک به سطح ۱۰۰ سانتی‌متر مربع و عمق ۲۰ سانتی‌متر تهیه و در آزمایشگاه هر نمونه خاک به مدت ۷۲ ساعت درون قیف برلیز گذاشته شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده با محلول نسبیت (آب مقطر ۲۵ میلی‌لیتر، کلرال هیدرات ۴۰ گرم و اسیداستیک غلیظ

۳۷/۵ درصد) ۲/۵ میلی‌لیتر) شفاف و سپس از آنها اسلاید میکروسکوپی تهیه شد. شناسایی با کلیدهای تاکسونومیک معتبری مانند (Bretfeld (1999 a,b), (Fjellberg (2007), Thibaud et al., (2004), Arbea and Kahrarian (2015) و Potapov (2002) انجام شد. بعد از شناسایی، تعداد نمونه‌ها در جدول ثبت شد.

انتخاب زمان نمونه‌برداری

نمونه‌برداری به مدت هشت ماه در سال ۱۳۹۵ و طی ماه‌های فروردین، اردیبهشت، تیر، شهریور، آبان، دی، بهمن و اسفند انجام شد. انتخاب ماه‌های

$$c = \frac{g(H)+l(H)}{2} \beta \quad \text{رابطه ۳}$$

در معادله‌های بالا، S: تعداد کل گونه‌ها، $g(H)$: تعداد گونه‌های اضافه‌شده در غنای کل گونه‌ها، $l(H)$: تعداد گونه‌های ناپدیدشده در طول گرادیان است. طول گرادیان است.

تنوع گاما (γ)

برای محاسبه تنوع گونه‌ای در یک شهرستان شامل چند بوم‌سازگان، از شاخص تنوع گاما و براساس فرمول Meffe et al., (رابطه ۴) استفاده شد (Meffe et al., 2002).

$$D\gamma = \frac{1}{q-1 \sqrt{\sum_{i=1}^q p_i^{q-1}}} \quad \text{رابطه ۴}$$

$D\gamma$: شاخص تنوع گاما، S: تعداد گونه در هر زیستگاه، P_i نسبت تعداد هر گونه به کل افراد همان زیستگاه و q تعداد زیستگاه است.

محاسبه شاخص شباهت‌ها بین بوم‌سازگان‌های مشابه دو شهرستان

برای اندازه‌گیری میزان شباهت دو بوم‌سازگان مشابه بین شهرستان‌ها، از شاخص شباهت سورنسون و جاکارد (Sorenson and Jaccard) استفاده شد (رابطه‌های ۵ و ۶).

$$C_s = \frac{s}{2s+a+b} \quad \text{رابطه ۵}$$

نمونه برداری براساس فصل بارندگی و میزان رطوبت موجود در منطقه بود. با توجه به جمعیت نزدیک به صفر پادمان در ماه‌های خشک و گرم سال، نمونه برداری در ماه‌های خشک و کم‌بارش سال به صورت هر دو ماه یک‌بار و در ماه‌های پربارش، به صورت ماهانه انجام شد (Kahrarian et al., 2017).

در هر بار نمونه برداری، دمای خاک با استفاده از دماسنج دیجیتالی اندازه‌گیری شد؛ همچنین به منظور محاسبه رطوبت خاک از رابطه ۱ استفاده شد (Alizadeh, 1996).

$$w = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه بالا، w_1 : وزن خاک مرطوب (۱۰۰ گرم)، w_2 وزن خاک خشک بعد از بیرون آوردن از آون و W: درصد رطوبت خاک است.

محاسبه شاخص‌های تنوع

شاخص‌های α ، β و γ

تنوع آلفا (α) (تنوع درون زیستگاه)

برای محاسبه غنای گونه‌ای، تعداد گونه‌های موجود در یک بوم‌سازگان یا زیستگاه محاسبه شد.

تنوع بتا (β) (تنوع بین بوم‌سازگان)

تنوع بتا برای محاسبه تغییرات گونه‌ای از یک بوم‌سازگان تا بوم‌سازگانی دیگر استفاده می‌شود. مقدار تنوع بتا با استفاده از شاخص ویتا کر (Whitaker) و کدی (Cody)، به شرح زیر محاسبه شد (رابطه‌های ۲ و ۳).

$$w = \frac{s}{\alpha} - 1 \beta \quad \text{رابطه ۲}$$

مشاهده شده، N_i : تعداد افراد گونه i و N_t تعداد کل افراد گونه‌های مشاهده شده است.

با وجود آنکه نرم‌افزار استفاده شده، معنی دار بودن یا نبودن میان هر یک از آماره‌های به دست آمده را محاسبه می‌کند؛ اما به منظور مقایسه شاخص شانون - وینر در دو بوم‌سازگان، مقدار t با استفاده از رابطه ۱۱ محاسبه و با t جدول مقایسه می‌شود:

$$t = \frac{H_1 - H_2}{(\text{var}H_1 + \text{var}H_2)^{1/2}} \quad \text{رابطه ۱۱}$$

در صورتی که t محاسبه شده از t جدول بزرگ‌تر باشد، بین دو بوم‌سازگان از نظر تنوع اختلاف معنی دار آماری وجود دارد؛ در غیر این صورت این اختلاف معنی دار نیست.

محاسبه شاخص‌های یکنواختی گونه‌ها

برای محاسبه میزان یکنواختی بین گونه‌ها از شاخص‌های سیمپسون (Simpson) (رابطه ۱۲)، هپ (Hip) (رابطه ۱۳) و پیلو (pillow) (رابطه ۱۴) استفاده شد.

$$E = \frac{1/D}{s} \quad \text{رابطه ۱۲}$$

$$E = \frac{(e^H - 1)}{(s - 1)} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

$$J = \frac{H}{\text{Log} s} \quad \text{رابطه ۱۴}$$

در این حالت، D : شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون و S : تعداد کل گونه‌ها و شاخص تنوع گونه‌ای شانون - وینر است.

کلیه محاسبات مربوط به شاخص‌های تنوع گونه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SDR ver.4 (Seaby and Henderson, 2006) انجام شد.

$$C_j = \frac{j}{a+b+j} \quad \text{رابطه ۶}$$

در این رابطه‌ها، a تعداد گونه‌های موجود در بوم‌سازگان ۱ که در بوم‌سازگان ۲ وجود ندارد و b تعداد گونه‌های موجود در بوم‌سازگان ۲ که در بوم‌سازگان ۱ وجود ندارد و j و s تعداد گونه‌های مشترک در دو بوم‌سازگان است.

نکته‌ای که باید مدنظر قرار داد این است که جوامع مقایسه شده از لحاظ تغییرات تنوع گونه‌ای دم‌فتری‌ها، باید دارای پوشش گیاهی همسان باشند (Sanders, 1968; Lande, 1996; Schowalter, 1996; Ejtehadi et al., 2009).

محاسبه تنوع گونه‌ای میان بوم‌سازگان‌های مختلف

به منظور محاسبه تنوع گونه‌ای در بوم‌سازگان‌های مختلف هر شهرستان و بوم‌سازگان‌های مشابه دو شهرستان از شاخص‌های شانون - وینر (Shannon - wiener)، سیمپسون و بریلوین (Simpson - Brillouin) (رابطه‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰) استفاده شد.

$$H = \sum_{i=1}^s -p_i \ln(p_i) \quad \text{رابطه ۷}$$

$$c = \sum_{i=1}^{s_{\text{obs}}} p_i^2 \quad \text{رابطه ۸}$$

$$P_i^2 = \frac{N_i(N_i-1)}{N(N-1)} \quad \text{رابطه ۹}$$

$$HB = \frac{\ln N! - \sum_{i=1}^s \ln n_i!}{N} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

در این حالت، P_i نسبت تعداد هر گونه به کل افراد موجود در نمونه، S_{obs} : تعداد کل گونه‌های

بررسی ساختار ترکیب گونه‌ای

به منظور بررسی ساختار ترکیب گونه‌ای دم‌فتری‌ها، از روش طبقه‌بندی (1973) weigmann استفاده شد. براساس این طبقه‌بندی، گونه‌هایی که فراوانی آنها بیشتر از ۳۰ درصد جامعه باشد، گونه فوق غالب (Eudominant)، بین ۱۰ تا ۳۰ گونه غالب (Dominant)، بین ۵ تا ۱۰ گونه نیمه‌غالب (Subdominant)، بین ۱ تا ۵ گونه نادر (Rare) و کمتر از ۱ گونه بسیار نادر (sub rare) محسوب می‌شوند.

نتایج

طی نمونه برداری‌های منظم ماهیانه (هشت ماه از سال ۱۳۹۵)، از بوم‌سازگان‌های انتخاب‌شده هر دو شهرستان خرم‌آباد و دلفان، در مجموع تعداد ۲۸۸۷ فرد از ۲۰ گونه مختلف از دم‌فتری‌ها، جمع‌آوری و شناسایی شد (جدول ۲).

اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای میان بوم‌سازگان‌های مختلف

جدول ۲- تعداد افراد جمع‌آوری‌شده از گونه‌های مختلف در زمان نمونه‌برداری (سال ۱۳۹۵)

گونه / بوم‌سازگان	شهرستان خرم‌آباد				شهرستان دلفان			
	جنگل بلوط	مزرعه	مرتع	باغ میوه	جنگل بلوط	مزرعه	مرتع	باغ میوه
<i>Isotomiella minor</i>	۲۹	۰	۰	۱۰	۲	۰	۰	۱
<i>Hemisotoma pontica</i>	۱۱۶	۳	۰	۸۳	۱۸	۶	۸	۱۴
<i>Ceratophysella stercoraria</i>	۱۲۵	۱۱	۷	۸۳	۱۵۸	۲	۱	۱۵۷
<i>Anurophorus coiffaiti</i>	۳۳	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
<i>Pseudosinella octopunctata</i>	۲	۰	۰	۰	۳	۰	۱	۰
<i>Sphaeridia pumilis</i>	۹	۰	۰	۳۵	۱۴	۰	۰	۰
<i>Desoria neglecta</i>	۵	۰	۰	۸	۵۸	۰	۶	۰
<i>Sminthurus viridis</i>	۴۴	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۰
<i>Folsomides parvulus</i>	۳	۰	۰	۱۰	۱	۰	۰	۲
<i>Folsomides marchicus</i>	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱۳
<i>Heteromorbus major</i>	۰	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۰
<i>Xenylla sp.</i>	۵	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
<i>Hypogastrura purpurescens</i>	۴	۰	۰	۷	۰	۰	۰	۰
<i>Ceratophysella cf. borealis</i>	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰
<i>Pseudosinella sp.</i>	۱	۰	۰	۰	۱۰	۰	۰	۰
<i>Protaphorura sp.</i>	۱۱۲	۱۰۷	۱۵۵	۳۳۵	۶۴	۲۲۲	۵۵	۶۵
<i>Mesaphorura sp.</i>	۹	۲۵	۲۵	۳۹	۱۵	۱۸	۱۵	۵
<i>Folsomia penicula</i>	۲۹	۰	۰	۱۴	۳۹۵	۱۱	۰	۰
<i>Entomobrya sp1</i>	۰	۳	۱	۹	۱۷	۱	۰	۱
<i>Sminthurinus elegans</i>	۰	۰	۰	۱۵	۰	۰	۰	۰
جمع	۵۲۷	۱۴۹	۱۸۹	۶۵۶	۷۵۸	۲۶۰	۸۶	۲۶۲

دیگر بیشتر است؛ اما در شهرستان خرم‌آباد غنای گونه‌ای بوم‌سازگان جنگل نسبت به سه بوم‌سازگان دیگر بیشتر است (جدول ۳).

شاخص‌های α ، β و γ
مقایسه شاخص آلفای (غنای گونه‌ای) چهار بوم‌سازگان مختلف نشان داد در شهرستان دلفان، غنای گونه‌ای بوم‌سازگان باغ میوه نسبت به سه بوم‌سازگان

جدول ۳- مقایسه تنوع گونه‌ای α ، در چهار بوم‌سازگان مختلف دو شهرستان دلفان و خرم‌آباد

شاخص	دلفان				خرم‌آباد			
	جنگل	مزرعه	مرتع	باغ میوه	جنگل	مزرعه	مرتع	باغ میوه
α	۶	۵	۵	۱۵	۱۴	۶	۶	۶

شهرستان دارای بیشترین تنوع بتا و مزارع دو شهرستان دارای کمترین میزان تنوع بتا هستند (جدول ۴).

اندازه‌گیری شاخص‌های تنوع بتا
براساس نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های تنوع بتا (ویتاگر و کدی) در بوم‌سازگان مشابه دو شهرستان دلفان و خرم‌آباد با استفاده از نرم‌افزار SDR4، مراتع دو

جدول ۴- نتایج حاصل از محاسبه تنوع بتا در دو شهرستان استان لرستان با استفاده از شاخص ویتاگر و کدی در نرم‌افزار "SDR4"

بوم‌سازگان / شاخص	جنگل	مزرعه	مرتع	باغ میوه
ویتاگر	۰/۳	۰/۰۹	۰/۴۵	۰/۲۵
کدی	۴	۰/۵	۲/۵	۳

نشان داد بیشترین میزان شباهت میان دو بوم‌سازگان مربوط به مزارع و کمترین آن مربوط به مراتع است (جدول ۵).

شباهت‌ها بین بوم‌سازگان‌های مشابه دو شهرستان
نتایج حاصل از محاسبه میزان شباهت بین بوم‌سازگان‌های مشابه در دو شهرستان دلفان و خرم‌آباد و با استفاده از شاخص شباهت سورنسون و جاکارد

جدول ۵- محاسبه شاخص‌های شباهت (سورنسون و جاکارد) در بین بوم‌سازگان‌های مشابه بین دو شهرستان

بوم‌سازگان / شاخص	جنگل	مزرعه	مرتع	باغ میوه
سورنسون	۰/۸۷	۰/۹۰	۰/۵۴	۰/۷۲
جاکارد	۰/۷۶	۰/۸۳	۰/۳۷	۰/۵۶

مقایسه تنوع گونه‌ای در بین بوم‌سازگان‌های مختلف هر شهرستان

مقایسه تنوع گونه‌ای در بوم‌سازگان‌های مختلف شهرستان دلفان نشان داد کلیه بوم‌سازگان‌های مختلف این شهرستان دارای تفاوت معناداری در سطح ۵ درصد با یکدیگر هستند (جدول ۶).

مقایسه تنوع گونه‌ای در بوم‌سازگان‌های مختلف شهرستان خرم‌آباد نشان داد دو بوم‌سازگان مرتع و باغ میوه تفاوت معنی‌داری ندارند؛ اما بقیه بوم‌سازگان‌های این شهرستان دارای تفاوت معنی‌داری هستند (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه تنوع گونه‌ای بین بوم‌سازگان‌های مختلف دو شهرستان دلفان و خرم‌آباد در نرم‌افزار SDR4. وجود حرف مشابه به معنای اختلاف‌نداشتن در سطح ۵ درصد بین دو بوم‌سازگان مقایسه شده است.

خرم‌آباد		دلفان		بوم‌سازگار		
بریلوین	سیمپسون	شانون	بریلوین	سیمپسون	شانون	
۱/۴۶۳	۲/۹۲۶	a۱/۴۹۹	۱/۹۸۴	۶/۰۲	a۲/۰۴۲	جنگل
۰/۵۶۶۵	۱/۳۶	b۰/۵۹۹۴	۰/۸۳۶۷	۱/۸۲۸	b۰/۸۶۶۹	مزرعه
۱/۰۰۹	۲/۲۳۸	d۱/۱۰۱	۰/۵۷۴۲	۱/۴۵	c۰/۶۰۷۸	مرتع
۱/۱۲۴	۲/۳۵۶	d۱/۱۷۷	۱/۵۶۳	۳/۲۰۲	d۱/۶۰۵	باغ میوه

(جدول ۷)؛ علاوه بر این جنگل بلوط دلفان با شاخص شانون ۲/۰۴۲ دارای بیشترین تنوع گونه‌ای آلفا و مزرعه خرم‌آباد با شاخص شانون ۰/۵۹۹ دارای کمترین تنوع آلفا هستند.

مقایسه بوم‌سازگان‌های مشابه در دو شهرستان دلفان و خرم‌آباد با استفاده از شاخص‌های مختلف (شانون، سیمپسون و بریلوین)، نشان‌دهنده وجود تفاوت معنادار بین تمامی بوم‌سازگان‌های مشابه در دو شهرستان است.

جدول ۷- مقایسه آماری بوم‌سازگان‌های مشابه دو شهرستان از نظر تنوع گونه‌ای، با استفاده از شاخص شانون - واینر در نرم‌افزار SDR4. *: دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد.

دلفان - خرم‌آباد			بوم‌سازگار
بریلوین	سیمپسون	شانون	
(۱/۴۶۳-۱/۹۸۴)	(۲/۹۲۶-۶/۰۲)	*(۱/۴۹۹-۲/۰۴۲)	جنگل
(۰/۵۶۶۵-۰/۸۳۶۷)	(۱/۳۶-۱/۸۲۸)	*(۰/۵۹۹-۰/۸۶۶۹)	مزرعه
(۱/۰۰۹-۰/۵۷۴۲)	(۲/۲۳۸-۱/۴۵)	*(۱/۱۰۱-۰/۶۰۷۸)	مرتع
(۱/۱۲۴-۱/۵۶۳)	(۲/۰۳۵۶-۳/۲۰۲)	*(۱/۱۷۷-۱/۶۰۵)	باغ میوه

شهرستان و مقایسه آن با t جدول، در سطح پنج درصد، شهرستان دلفان با شاخص شانون ۱/۸۸۱ دارای تنوع

مقایسه تنوع گونه‌ای دو شهرستان با هم (گاما) طبق نتایج حاصل از محاسبه شاخص شانون و همچنین محاسبه تی (t) تست شاخص شانون دو

گونه‌ای بیشتری از شهرستان خرم‌آباد با شاخص شانون ۱/۶۶۹ است (جدول ۸).

جدول ۸- محاسبه شاخص شانون، واریانس و t تست دو شهرستان دلفان و خرم‌آباد

ردیف	شهرستان	شاخص شانون	واریانس شاخص شانون	t محاسبه شده	درجه آزادی	t جدول
۱	دلفان	۱/۸۸۱	۰/۰۰۱۰۲۷	۵/۱۵	۳	۳/۱۸۲
۲	خرم‌آباد	۱/۶۶۹	۰/۰۰۰۶۶۳۸			

شاخص‌های یکنواختی

خرم‌آباد دارای بیشترین یکنواختی و مرتع دلفان و مزرعه خرم‌آباد دارای کمترین یکنواختی هستند (جدول ۹).

بررسی شاخص‌های یکنواختی (سیمپسون، هپ و پیلو) بوم‌سازگان‌های مختلف دو شهرستان خرم‌آباد و دلفان نشان داد جنگل بلوط دو شهرستان و مرتع

جدول ۹- نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های یکنواختی (سیمپسون، هپ و پیلو) در دو شهرستان خرم‌آباد و دلفان استان لرستان

ردیف	بوم‌سازگان	شهرستان خرم‌آباد			شهرستان دلفان	
		پیلو	هپ	سیمپسون	پیلو	هپ
۱	جنگل	۰/۵	۰/۲۶	۰/۲۰	۰/۶۸	۰/۳۷
۲	مزرعه	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۲۹	۰/۳۶
۳	مرتع	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۲۰	۰/۲۸
۴	باغ میوه	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۵۳	۰/۲۱

ساختار گونه‌ای و فراوانی نسبی دم‌فتری‌ها

گونه *Mesaphorura* sp. نیمه‌غالب است. پنج گونه نادر و ۱۱ گونه خیلی نادر نیز در بین گونه‌های جمع‌آوری شده در بوم‌سازگان‌های مختلف دلفان وجود دارد (جدول ۱۰).

براساس نتایج حاصل از محاسبه ساختار گونه‌ای دم‌فتری‌های شهرستان دلفان، در میان گونه‌های شناسایی شده گونه *Protaphorura* sp. فوق‌غالب، گونه‌های *Ceratophysella stercoraria* Stach, 1963 و *Hemisotoma pontica* Stach, 1947 غالب و

جدول ۱۰- ساختار گونه‌ای و فراوانی نسبی پادمان در بوم‌سازگان‌های شهرستان دلفان

گونه	جنگل	مرتع	باغ میوه	مزرعه	تعداد افراد	فراوانی	درصد فراوانی	غالبیت
<i>Protaphorura</i> sp.	۱۱۲	۱۵۵	۳۳۵	۱۰۷	۷۲۹	۰/۴۷۳۰۶۹	۴۷/۳۰۶۹۴	فوق غالب
<i>C. stercoraria</i>	۱۲۵	۷	۸۳	۱۱	۲۲۶	۰/۱۴۶۶۵۸	۱۴/۶۶۵۸	غالب
<i>H. pontica</i>	۱۱۶	۰	۸۳	۳	۲۰۲	۰/۱۳۱۰۸۴	۱۳/۱۰۸۳۷	غالب
<i>Mesaphorura</i> sp.	۹	۲۵	۳۹	۲۵	۹۸	۰/۰۶۳۵۹۵	۶/۳۵۹۵۰۷	نیمه غالب
<i>S. viridis</i>	۴۴	۰	۰	۰	۴۴	۰/۰۲۸۵۵۳	۲/۸۵۵۲۸۹	نادر
<i>S. pumilis</i>	۹	۰	۳۵	۰	۴۴	۰/۰۲۸۵۵۳	۲/۸۵۵۲۸۹	نادر
<i>F. penicula</i>	۲۹	۰	۱۴	۰	۴۳	۰/۰۲۷۹۰۴	۲/۷۹۰۳۹۶	نادر
<i>I. minor</i>	۲۹	۰	۱۰	۰	۳۹	۰/۰۲۵۳۰۸	۲/۵۳۰۸۲۴	نادر
<i>A. coiffaiti</i>	۳۳	۱	۰	۰	۳۴	۰/۰۲۲۰۶۴	۲/۲۰۶۳۶	نادر
<i>S. elegans</i>	۰	۰	۱۵	۰	۱۵	۰/۰۰۹۷۳۴	۰/۹۷۳۳۹۴	خیلی نادر
<i>D. neglecta</i>	۰	۰	۰	۸	۱۳	۰/۰۰۸۴۳۶	۰/۸۴۳۶۰۸	خیلی نادر
<i>Entomobrya</i> sp2	۰	۱	۹	۳	۱۳	۰/۰۰۸۴۳۶	۰/۸۴۳۶۰۸	خیلی نادر
<i>F. parvulus</i>	۳	۰	۱۰	۰	۱۳	۰/۰۰۸۴۳۶	۰/۸۴۳۶۰۸	خیلی نادر
<i>H. purpurescens</i>	۴	۰	۷	۰	۱۱	۰/۰۰۷۱۳۸	۰/۷۱۳۸۲۲	خیلی نادر
<i>Xenylla</i> sp.	۵	۰	۱	۰	۶	۰/۰۰۳۸۹۴	۰/۳۸۹۳۵۸	خیلی نادر
<i>H. major</i>	۰	۰	۵	۰	۵	۰/۰۰۳۲۴۵	۰/۳۲۴۴۶۸	خیلی نادر
<i>C. cf. borealis</i>	۱	۰	۱	۰	۲	۰/۰۰۱۲۹۸	۰/۱۲۹۷۸۶	خیلی نادر
<i>P. octopunctata</i>	۲	۰	۰	۰	۲	۰/۰۰۱۲۹۸	۰/۱۲۹۷۸۶	خیلی نادر
<i>Pseudosinella</i> sp.	۱	۰	۰	۰	۱	۰/۰۰۰۶۴۹	۰/۶۴۸۹۳	خیلی نادر
<i>F. marchicus</i>	۰	۰	۱	۰	۱	۰/۰۰۰۶۴۹	۰/۰۶۴۸۹۳	خیلی نادر
جمع کل					۱۵۴۱	۱	۱۰۰	

گونه‌های نادر (۵ گونه) و خیلی نادر (۶ گونه) قرار می‌گیرند (جدول ۱۱).

در بین گونه‌های جمع‌آوری شده از بوم‌سازگان‌های مختلف شهرستان خرم‌آباد، سه گونه *Protaphorura* و *Folsomia penicula* Bagnall, 1939, sp. و *stercoraria* گونه‌های غالب و مابقی گونه‌ها در گروه

جدول ۱۱- ساختار گونه‌ای و فراوانی نسبی پادمان در بوم‌سازگان‌های شهرستان خرم‌آباد.

گونه	جنگل	مرتع	باغ میوه	مزرعه	تعداد افراد	فراوانی	درصد فراوانی	غالبیت
<i>Protaphorura</i> sp.	۶۴	۵۵	۶۵	۲۲۲	۴۰۶	۰/۲۹	۲۹/۹	غالب
<i>F. penicula</i>	۳۹۵	۰	۰	۱۱	۴۰۶	۰/۲۹	۲۹/۹	غالب
<i>C. stercoraria</i>	۱۵۸	۱	۱۷۵	۲	۳۱۸	۰/۲۳	۲۳/۴	غالب
<i>D. neglecta</i>	۵۸	۶	۰	۰	۶۴	۰/۰۴	۴/۷	نادر
<i>Mesaphorura</i> sp.	۱۵	۱۵	۵	۱۸	۵۳	۰/۰۳	۳/۹	نادر
<i>H. pontica</i>	۱۸	۸	۱۴	۶	۴۶	۰/۰۳	۳/۹	نادر
<i>Entomobrya</i> sp2	۱۷	۰	۱	۱	۱۹	۰/۰۱	۱/۴	نادر
<i>S. pumilis</i>	۱۴	۰	۴	۰	۱۸	۰/۰۱	۱/۳۲	نادر
<i>F. marchicus</i>	۰	۰	۱۳	۰	۱۳	۰	۰/۹	خیلی نادر
<i>P. octopunctata</i>	۳	۱	۰	۰	۴	۰	۰/۲۹	خیلی نادر
<i>I. minor</i>	۲	۰	۱	۰	۳	۰	۰/۲۲	خیلی نادر
<i>F. parvulus</i>	۱	۰	۲	۰	۳	۰	۰/۲	خیلی نادر
<i>S. viridis</i>	۲	۰	۰	۰	۲	۰	۰/۱	خیلی نادر
<i>C. cf. borealis</i>	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰/۰۷	خیلی نادر
جمع کل					۱۳۵۳	۱	۱۰۰	

خرم‌آباد و دلفان، در ماه‌های گرم و خشک سال با افزایش درجه حرارت خاک (۲۰ تا ۳۸/۵ درجه سلسیوس) و کاهش درصد رطوبت خاک (۲/۵ تا ۱۳ درصد) شاخص شانون صفر می‌شود (جدول ۱۲ و ۱۳).

اندازه‌گیری شاخص شانون بوم‌سازگان‌های هر دو شهرستان با اندازه‌گیری دما و رطوبت طی ماه‌های نمونه‌برداری

طبق نتایج حاصل از محاسبه شاخص شانون براساس اندازه‌گیری دما و رطوبت در طول ماه‌های مختلف جمع‌آوری دم‌فتریان در بوم‌سازگان‌های دو شهرستان

جدول ۱۲- شاخص شانون براساس مقایسه دما و درصد رطوبت خاک طی هشت ماه نمونه برداری از بوم سازگان های شهرستان دلفان.

ماه نمونه برداری	جنگل			مزرعه			مرتع			باغ میوه		
	شاخص شانون	درجه حرارت (سلسیوس)	درصد رطوبت	شاخص شانون	درجه حرارت (سلسیوس)	درصد رطوبت	شاخص شانون	درجه حرارت (سلسیوس)	درصد رطوبت	شاخص شانون	درجه حرارت (سلسیوس)	درصد رطوبت
فروردین	۰/۷۷	۱۷	۳۱	۰/۵۴	۱۶	۲۴	۰	۱۷	۳۶	۱/۷۹	۱۳/۵	۳۶
اردیبهشت	۰/۶۸	۲۵	۱۸/۵	۰	۱۹	۱۴	۰	۲۱	۱۵/۵	۰/۷۳	۱۵	۲۶
تیر	۰	۳۰	۱۲	۰	۳۲	۴/۵	۰	۳۳	۶/۵	۰/۹۲	۲۰/۵	۲۲
شهریور	۰	۲۸/۵	۹	۰	۳۱	۴	۰	۲۹	۱۰	۰/۷۹	۲۲	۱۹
آبان	۱/۰۷	۱۳	۱۶/۵	۰/۹	۱۵	۱۱/۵	۰/۶۵	۱۸	۲۶/۵	۰/۸۹	۱۳/۵	۲۳/۵
دی	۰/۹۶	۸	۲۷	۱/۱۱	۷/۵	۲۶/۵	۰/۲۱	۹/۵	۲۸/۵	۱/۵۵	۸	۳۴/۵
بهمن	۱/۴۱	۲	۴۴	۰/۵۳	۳	۳۲	۰/۸۲	۳	۳۶	۱/۱۲	۵	۳۵
اسفند	۱/۰۲	۱۰	۲۸	۰/۵۵	۱۰	۲۷	۰/۹۹	۱۳/۵	۲۷/۵	۱/۵۷	۹	۳۷/۵

جدول ۱۳- شاخص شانون براساس مقایسه دما و درصد رطوبت خاک طی هشت ماه نمونه برداری از بوم سازگان های شهرستان خرم آباد.

ماه نمونه برداری	جنگل			مزرعه			مرتع			باغ میوه		
	شاخص شانون	درجه حرارت (سلسیوس)	درصد رطوبت	شاخص شانون	درجه حرارت (سلسیوس)	درصد رطوبت	شاخص شانون	درجه حرارت (سلسیوس)	درصد رطوبت	شاخص شانون	درجه حرارت (سلسیوس)	درصد رطوبت
فروردین	۱/۶۱	۱۱	۳۱/۵	۰/۳۷	۱۱	۳۵	۰/۹۵	۱۳	۱۸	۰/۳۲	۱۱/۵	۱۵/۵
اردیبهشت	۰	۲۰/۵	۲۲	۰	۲۰	۱۹	۰	۲۲	۱۳	۱/۰۳	۲۰	۱۵
تیر	۰	۳۲	۷/۵	۰	۳۸/۵	۳/۵	۰	۴۵	۳	۰/۲۶	۳۱	۸/۵
شهریور	۰	۳۰	۵	۰	۳۶	۳	۰	۴۱	۲/۵	۰	۳۴	۸
آبان	۰/۹۹	۱۷	۱۳	۰/۳۷	۱۷	۹	۰	۲۲	۸	۰/۶۳	۱۵/۵	۱۰
دی	۱/۰۳	۱۱	۲۸/۵	۰/۳۹	۱۰	۲۱	۰/۶۵	۱۶	۱۴	۱/۲۷	۹	۱۶
بهمن	۱/۳۵	۸	۲۶	۰/۳۹	۹	۲۰	۱/۱۴	۱۲	۱۵	۰/۷۶	۸	۱۳
اسفند	۱/۴۳	۹	۳۰	۰/۹۵	۹	۲۱/۵	۰/۶۹	۱۴/۵	۱۴	۰/۷۱	۱۰	۱۴

بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های تنوع گونه‌ای نشان داد در بین بوم‌سازگان‌های دو شهرستان، جنگل بلوط شهرستان دلفان (شاخص شانون ۲/۰۴۲) و جنگل بلوط شهرستان خرم‌آباد (شاخص شانون ۱/۴۹۹) دارای بیشترین شاخص تنوع گونه‌ای نسبت به سایر بوم‌سازگان‌های دو شهرستان هستند. علت تنوع گونه‌ای بسیار دم‌فتری‌ها در جنگل به دلایل مختلفی از جمله وجود سطح سایه‌انداز و پوشش مناسب خاک برگ در مناطق جنگلی است که این عوامل فاکتورهای مناسبی در حفظ رطوبت خاک و جلوگیری از تبخیر زیاد، ممانعت از افزایش درجه حرارت خاک در ماههای گرم سال، جلوگیری از فرسایش خاک ناشی از بارندگی، سهولت هوادهی به خاک، جلوگیری از انتقال نمک و املاح به سطح خاک و غنی شدن خاک ناشی از اضافه شدن تدریجی عناصر و مواد آلی موجود در خاک برگ به شمار می‌آیند. این نتیجه با نتیجه حاصل از پژوهش Kahrarian و همکاران (۲۰۱۷) در استان کرمانشاه منطبق است که نشان داد تنوع گونه‌ای جنگل بلوط در شهرستان‌های سرپل ذهاب، پاوه و اسلام‌آباد غرب بیشتر از مزرعه و مرتع آن شهرستان است.

کاهش تنوع گونه‌ای مزرعه شهرستان خرم‌آباد (۰/۵۹۹) از سایر بوم‌سازگان‌های آن شهرستان و نیز از زیستگاه مزرعه شهرستان دلفان به دلایل مختلفی چون سطح زیر کشت زیاد محصولات دیم (گندم و جو) در شهرستان خرم‌آباد در مقایسه با شهرستان دلفان است و این تک‌کشتی در مقایسه با کشت متناوب و چندمحصولی، باعث کاهش تنوع گونه‌ای دم‌فتریان در زیستگاه مزرعه شهرستان خرم‌آباد در مقایسه با

شهرستان دلفان می‌شود؛ همین‌طور به کارگیری مداوم ادوات و سموم کشاورزی دلیل ناپایدارتر شدن مزرعه در مقایسه با مرتع و کاهش تنوع گونه‌ای آن در شهرستان خرم‌آباد است. Twardowski و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند تنوع گونه‌ای دم‌فتریان در کشت متناوب پنج محصولی بیشتر از روش تک‌کشتی است.

دلیل کاهش تنوع گونه‌ای مرتع نسبت به مزرعه در شهرستان دلفان این است که شهرستان دلفان نسبت به خرم‌آباد در ارتفاع بیشتری از سطح دریا قرار گرفته است و به‌علت آب‌وهوا و بارندگی مناسب (باران و برف)، عشایر دلفان و همچنین عشایر سایر استان‌ها و شهرستان‌های مجاور در فصل‌های بهار و تابستان و نیمه اول پاییز، گله‌های دام خود را برای چرا به مراتع این شهرستان می‌برند. چرای بیش از حد دام‌ها و فشردگی خاک باعث فقیر شدن مراتع از پوشش گیاهی و مستعد فرسایش شدن آنها شده است و در نتیجه تنوع گونه‌ای پادمان را نیز کاهش می‌دهد. Kahrarian و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند تنوع گونه‌ای دم‌فتریان مراتع پاوه و سرپل ذهاب از مزارع کشاورزی کمتر است.

مقایسه جنگل بلوط و باغ میوه موجود در شهرستان‌های خرم‌آباد و دلفان نشان داد تنوع گونه‌ای پادمان موجود در درختان بلوط و باغ‌های میوه شهرستان دلفان بیشتر از شهرستان خرم‌آباد است. شهرستان دلفان در ارتفاع ۲۰۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد و دارای هوای خنک‌تر و میزان بارندگی بیشتری نسبت به خرم‌آباد (ارتفاع ۱۳۱۰ متری از سطح دریا) است. به نظر می‌رسد این موضوع در افزایش تنوع گونه‌ای دم‌فتری‌های این شهرستان مؤثر است. پژوهش‌های Kararian و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان داد فراوانی و تنوع گونه‌ای بیشتر دم‌فتریان با افزایش رطوبت، بیشتر

از نظر آماری تفاوت معنی داری با هم داشتند. مزرعه یکنواختی بیشتری از مرتع دارد؛ ولی یکنواختی آن از باغ میوه کمتر است. شرایطی که برای تنوع گونه‌ای متفاوت بوم‌سازگان‌های شهرستان دلفان شرح داده شد، در بیان دلایل اختلاف به وجود آمده در یکنواختی گونه‌ها نیز صدق می‌کند.

ساختار گونه‌ای و فراوانی نسبی دم‌فتری‌ها

نتایج حاصل از محاسبات ساختار گونه‌ای و فراوانی نسبی کلیه دم‌فتری‌های جمع‌آوری شده در طول یک سال نمونه‌برداری از تمامی بوم‌سازگان‌های مطالعه‌شده شهرستان دلفان نشان داد که از مجموع ۱۵۲۱ فرد شکارشده، تعداد ۱۱ گونه خیلی نادر، پنج گونه نادر، یک گونه نیمه‌غالب، دو گونه غالب و یک گونه فوق‌غالب وجود دارد. گونه فوق‌غالب دلفان، *Protaphorura sp.* و گونه‌های غالب، *C. stercoraria* و *H. pontica* هستند.

از مجموع ۱۳۵۳ فرد شکارشده از بوم‌سازگان‌های شهرستان خرم‌آباد گونه‌های *Protaphorura sp.*، *F. penicula* و *C. stercoraria* گونه‌های غالب هستند؛ همچنین پنج گونه نادر و شش گونه خیلی نادر نیز در بین افراد شکارشده وجود دارد. در شهرستان دلفان گونه فوق‌غالب گونه *Protaphorura sp.* است و در تمامی بوم‌سازگان‌ها وجود دارد. این گونه در شهرستان خرم‌آباد نیز گونه غالب است و در کلیه بوم‌سازگان‌ها وجود دارد. گونه *C. stercoraria* که گونه غالب خرم‌آباد است، در تمامی بوم‌سازگان‌های دو شهرستان وجود دارد. چنین به نظر می‌رسد که دو گونه فوق‌غالب (*Protaphorura sp.* و *C. stercoraria*) بدون هیچ گونه محدودیتی از نظر اختلاف ارتفاع، دما و

می‌شود؛ همچنین در شهرستان دلفان مردم بیشتر به دامداری مشغولند؛ بنابراین در این شهرستان کود حیوانی به وفور یافت می‌شود. با توجه به ارزان بودن قیمت کود حیوانی نسبت به کود شیمیایی، کشاورزان و باغ‌داران ترجیح می‌دهند که از کود حیوانی به جای کود شیمیایی در باغ‌ها و مزارع کشاورزی استفاده کنند. براساس نتایج حاصل از آزمایش‌هایی که Muturi و همکاران (۲۰۱۱) در کنیا انجام داده‌اند، جمعیت دم‌فتری‌ها به طور معنی داری از تغییرات باروری خاک تأثیر می‌گیرد و استفاده از کود گاو و افزودن تریکودرما، باعث افزایش پادمان خاک شده است.

شاخص‌های یکنواختی

طبق نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های یکنواختی، در دو شهرستان خرم‌آباد و دلفان بیشترین یکنواختی پیلوی دم‌فتری‌ها در جنگل بلوط دو شهرستان است. پایداری اکولوژیکی جنگل دو شهرستان، بیشتر از سایر بوم‌سازگان‌های دو منطقه است و به نظر می‌رسد گونه‌های دم‌فتریان جنگل دو شهرستان دارای یکنواختی بسیاری باشند. در خرم‌آباد بوم‌سازگان مزرعه و در دلفان بوم‌سازگان مرتع از نظر یکنواختی، کمترین اندازه شاخص پیلوی را دارند و با هم یکسان هستند. علت کم بودن شاخص یکنواختی در مزرعه خرم‌آباد و مرتع دلفان، وجود گونه *Protaphorura sp.*، با تعداد خیلی بیشتر نسبت به بقیه گونه‌ها است (مرتع دلفان، ۱۵۵ فرد و مزرعه خرم‌آباد، ۲۲۲ فرد).

در شهرستان خرم‌آباد یکنواختی بوم‌سازگان‌های مرتع و باغ میوه با هم تفاوت آماری ندارند و یکنواختی پیلوی آنها بیشتر از مزرعه و کمتر از جنگل بلوط است. شاخص یکنواختی پیلوی هر چهار بوم‌سازگان دلفان

رطوبت در دو شهرستان وجود دارند.

محصولات کشاورزی روی آورد و همین‌طور مجبور به تبدیل مراتع به مزارع برای افزایش سطح زیر کشت شود. اینگونه فعالیت‌ها و دستکاری محیط باعث برهم خوردن چرخه‌های اکولوژیکی در بوم‌سازگان‌ها و تأثیر گذاشتن بر تنوع گونه‌های موجودات زنده به‌ویژه جانوران خاک‌زی شده است. همان‌طور که بحث شد، دم‌فتری‌های موجود در خاک نیز متأثر از رفتارهای خودخواهانه انسان در بوم‌سازگان‌هایی که تحت بهره‌برداری کشاورزی و دام‌پروری قرار دارند (مزارع، مراتع و باغ‌های میوه) نسبت به بوم‌سازگان‌های دور از فعالیت انسان نظیر جنگل، دارای تنوع گونه‌ای کمتری است.

سپاسگزاری

از حمایت‌های مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک طی انجام این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

تأثیر دما و رطوبت بر تنوع گونه‌های دم‌فتری‌ها

برپایه نتایج حاصل از اندازه‌گیری منظم ماهیانه دما و درصد رطوبت خاک، تنوع گونه‌های دم‌فتری‌ها با رطوبت خاک، نسبت مستقیم و با دما نسبت عکس دارد. این نتایج با پژوهش Kahrarian (۲۰۱۹) و Mehrafrooz-Mayvan و همکاران (۲۰۱۵) یکسان است.

جمع‌بندی

افزایش جمعیت در کره زمین و ثابت بودن سطح زیر کشت محصولات کشاورزی باعث شده است انسان برای تهیه مواد غذایی مورد نیاز خود، در پی پیشرفت تکنولوژی، به استفاده گسترده از ماشین‌آلات کشاورزی، سموم و کودهای شیمیایی برای تولید بیشتر

منابع

- Alizadeh, A. (1996). *Water, Plant, and Soil Relationship*. Tehran: Astane Ghods Razavi Press (In Persian).
- Arbea, J., & Kahrarian, M. (2015). Two New Species and New Data of Isotomidae Schaeffer, 1896 (Collembola: Entomobryomorpha) from Iran. *Arquivos Entomoloxicos*, 14, 71-88.
- Bretfeld, G. (1999a). Symphypleona. In: *Synopses on Palearctic Collembola* (Ed. Dunger, W.) Vol. 2, 1-318. Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz.
- Bretfeld, G. (1999b). Synopses on Palaearctic Collembola. In: *Symphypleona* (Ed. Dunger, W.) Vol. 2, 1-318. Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz. 318.
- Culik, P. M., De Souza, J. L., & Ventura, J. A. (2002). Biodiversity of Collembola in Tropical Agricultural Environments of Espírito Santo, Brazil. *Applied Soil Ecology Journal*, 21(8), 49-58.
- Eisenhauer, N., Sabais, A. C. W., & Scheu, S. (2011). Collembola Species Composition and Diversity Effects on Ecosystem Functioning Vary with Plant Functional Group Identity. *Soil Biology and Biochemistry Journal*, 43, 1697-1704.
- Ejtehadi, H., Sepehri, A., & Okafi, H. R. (2009). *Biodiversity Measurement Methods*. Ferdowsi University Press, Mashhad (in Persian).
- Fiera, C. (2009). Biodiversity of Collembola in Urban Soils and their Use as Bioindicators for Pollution. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(8), 868-873. Retrieved from <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000800010>
- Fjellberg, A. (2007). The Collembola of Fennoscandia and Denmark. In: *Entomobryomorpha and Symphypleona* (ed. Fjellberg, A.) Vol.42. Part II. Brill, Leiden, Boston, 265.
- Hopkin, S. P. (1997). *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford: Oxford University Press.

- Kahrarian, M. (2019). A Study on Dynamism and Habitat Suitability Modeling of Entomobryomorpha (Hexapoda: Collembola) in Three Different Ecosystems in Kermanshah Province. *Journal of Soil Biology*, 7(1), 41-52 (in Persian).
- Kahrarian, M., Karpus, I., Vafaei Shoshtari, R. & Shyanmehr, M. (2016). New Records of Onychiurinae (Collembola: Onychiuridae) for the Iranian Springtail fauna. *Journal of Insect Biodiversity and Systematics*, 2(2), 219-228.
- Kahrarian, M., Vafaei Shoushtari, R., & Soleyman Nejadian E. (2017). Investigating Biodiversity of Springtails (Hexapoda: Collembola) in Three Different Ecosystems in Kermanshah Province, Iran. *Journal of Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 40(3), 39-52 (in Persian).
- Kahrarian, M., Vafaei-shoushtari, R., Skarzynski, D., konikiewicz, M., Soleymannezhadyan, E., Shayanmehr, M. and Shams, B. (2013) A new species and new records of the genus *Hypogastrura* Bourlet, 1839 (Collembola, Hypogastruridae) from Iran. *Zootaxa*, 3709(1), 089-094.
- Lande, R. (1996). Statistics and Partitioning of Species Diversity, and Similarity among Multiple Communities. *Oikos*, 76, 5-13.
- Maunsell, S. C., Kitching, R. L., Greenslade, P., Nakamura, A., & Burwell, C. J. (2013). Springtail (Collembola) Assemblages along an Elevational Gradient in Australian Subtropical Rainforest. *Australian Journal of Entomology*, 52, 114-124.
- Meffe, G. K., Nielsen, L. A., Knight, R. L., & Schenborn, D. A. (2002). *Ecosystem Management Adaptive, Community-Based Conservation*. Island Press.
- Mehrafrooz-Mayvan, M., Shayanmehr, M., & 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.
- Moradi, T. (2011). *The Fauna and Diversity of Syrphid Flies (Diptera: Syrphidae) in North of Lorestan Province, Iran*. MSc Thesis, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran (in Persian).
- Moradi, T., Vafaie, R., Kahrarian, M., & Mohseni Amin, A. (2018). The Study on Springtails in West Part of Iran with New Records for Iranian fauna. *Journal of Entomological Research*, 10(3), 204-215.
- Muturi, J. J., Mbugi, J. P., Mueke, J. M., Lagerlöf, J., Mung'atu, J. K., Nyamasyo, G., & Gikungu, M. (2011). Effect of Integrated Soil Fertility Management Interventions on the Abundance and Diversity of Soil Collembola in Embu and Taita Districts, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(1), 35-42.
- Potapov, M. (2002). Synopses on Palaearctic Collembola. In: *Isotomidae*: (Ed. Dunger, W.) Vol. 3. Staatliches Museum für Naturkunde Göttingen.
- Sanders, H. L. (1968). Marine Benthic Diversity, a Comparative Study. *American Naturalist*, 102, 243-282.
- Schowalter, T. (1996). *Insect Ecology, an Ecosystem Approach*. Oregon: Oregon University Press.
- Seaby, R. M., & Henderson, P. A. (2006). *Species Diversity and Richness version 4*. England: Conservation Ltd., Lymington.
- Smolis, A., Kahrarian, M., Piwnik, A., & Skarżyński, D. (2016). *Endonura* Cassagnau (Collembola, Neanuridae, Neanurinae) in Iran, with a Key to Species of the Genus (Collembola, Neanuridae, Neanurinae). *ZooKeys*, 553, 53-71.
- Thibaud, J. M., Schulz, H. J., & Gama Assalino, M. M. (2004). Hypogastruridae. In: *Synopses on Palaearctic Collembola* (Ed. Dunger, W.) Vol. 4. Staatliches Museum für Naturkunde Göttingen.
- Twardowski, J. P., Hurej, M. & Gruss, I. (2016). Diversity and Abundance of Springtails (Hexapoda: Collembola) in Soil under 90-year Potato Monoculture in relation to Crop Rotation. *Agronomy and Soil Science*, 62(8), 1158-1168.
- Weigmann, G. (1973). Zur Ökologie der Collembolen und Oribatiden im Grenzbereich Land- Meer (Collembola, Insecta-Oribatei, Acari). *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 186, 295-391.