نشریه زیست‌شناسی خاک / جلد 7 / شماره 1 / 1398

10.22092/sbj.2019.122588.138

بررسی نوسان جمعیت و مدل مطلوبیت زیستگاه دم‌فنریان راسته Entomobryomorpha (Collembola, Hexapoda) در زیستگاه‌های مختلف استان کرمانشاه

مرتضی کهراریان[1]

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی،کرمانشاه، ایران؛ mkahrarian@iauksh.ac.ir

دریافت: 97/4/26 و پذیرش: 97/12/20

چکیده

در این تحقیق جمعیت دم‌فنریان راسته Entomobryomorpha در سه اکوسیستم مختلف: زمین زراعی، جنگل بلوط و مراتع سه شهرستان اسلام‌آباد غرب، پاوه و سرپل‌ذهاب مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌برداری ماهیانه، از خرداد 1395 تا اردیبهشت 1397 صورت پذیرفت. از هر ایستگاه 10 نمونه خاک به سطح 100 سانتی‌متر مربع و عمق 13 سانتی‌متر تهیه و جمعیت دم‌فنریان شمارش شد. همزمان، دما و رطوبت خاک نیز ثبت گردید. جهت محاسبه مطلوبیت زیستگاه، با استفاده از روش رگرسیون لوجستیک ارتباط بین حضور و عدم حضور گونه و شرایط زیستگاه از نظر رطوبت و دما مقایسه شد. بطور کلی از مجموع 16 گونه شناخته شده، زیستگاه جنگل نسبت به دو زیستگاه دیگر دارای تعداد گونه بیشتری بود (به طور میانگین 79/2% از کل گونه‌ها)، از سوی دیگر در شهرستان اسلام‌آباد غرب و سرپل‌ذهاب، بیشترین درصد فراوانی دم‌فنریان، در جنگل (به ترتیب با 60/77 و 69/22 درصد) بوده و در شهرستان پاوه مرتع (% 49/19) از دو زیستگاه دیگر درصد فراوانی بیشتر داشت. نتایج شمارش ماهیانه و بررسی ارتباط بین حضور و عدم حضور گونه‌ها بر اساس دما و رطوبت نشان داد فعالیت اکثر گونه‌ها بین ماه‌های آبان تا اردیبهشت است. حضور اکثر گونه‌ها ارتباط مستقیمی با افزایش رطوبت و رابطه عکسی با دمای خاک داشت اما، برخی گونه‌ها مانند *Seira* sp. در رطوبت‌های زیر ده درصد (رطوبت شش درصد مزرعه و هشت درصد مرتع) و دمای بالای خاک (35 تا 40 درجه سلیسیوس) فعالیت داشتند. این امر نشان می‌دهد علاوه بر دو فاکتور دما و خاک، فاکتورهای دیگری نیز در این امر دخالت دارند.

واژه‌های کلیدی: دما و رطوبت خاک، مطلوبیت زیستگاه، پادمان

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: کرمانشاه- میدان فردوسی- شهرک متخصصین- دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه- کدپستی 6718997551

مقدمه

امروزه و با توجه به احساس نیاز بیشتر انسان در حفظ طبیعت و ثبات اکولوژیکی آن، تحقیقات گسترده‌ای در خصوص بررسی تأثیر و نقش فاکتورهای مختلف در حفظ محیط زیست و عوامل سازنده آن صورت گرفته است. فاکتورهای مختلفی از جمله حرارت، رطوبت، pH، مواد آلی، باقیمانده مواد شیمیایی به کار رفته توسط انسان و ... می‌توانند به طور مستقیم و یا غیر مستقیم روی تراکم و پراکنش جمعیت میکروارگانیسم‌ها و مزوفون‌های موجود در خاک و در نتیجه برقراری نظم و یا بر هم خوردن ثبات اکولوژیکی مؤثر باشند (وان گستل و وان دیپن، 1997؛ چوی و همکاران، 2002؛ کاسان و همکاران، 2003؛ کی و همکاران، 2004). پادمان یا دم‌فنریان (Collembola) دم‌فنریان و کنه‌ها از جمله فراوان‌ترین بندپایان موجود در خاک هستند (پترسون و لوگستون، 1982). بسیاری از دم‌فنریان با توجه به خاصیت پوسیده‌خواری خود نقش مهمی در شکل‌گیری ساختار خاک و حفظ اکوسیستم کشاورزی دارند. از سوی دیگر دم‌فنریان میزبان بسیاری از میکروارگانیسم‌ها از جمله قارچ‌ها، باکتری‌ها، نماتدها و پرتوزوآها هستند و در نتیجه به طور غیر مستقیم نیز در تجزیه بسیاری از مواد موجود در چرخه طبیعی نقش دارند (ایلیاس و پاروز، 2011). در دهه‌های اخیر علاوه بر شناسایی فون دم‌فنریان تحقیقات گسترده‌ای در خصوص تأثیر عوامل مختلف بر نوسان جمعیت دم‌فنریان و نیز فعالیت‌های اکولوژیکی مرتبط با آنها صورت گرفته است.

ماریا و همکاران (2004) در تحقیقی نشان دادند که جمعیت دم‌فنریان موجود در خاک در طی مراحل مختلف کاشت، داشت و یا پس از برداشت محصول متفاوت است که این امر می‌تواند به خاطر عوامل مختلفی از جمله تغییر در میزان رطوبت و دمای خاک باشد (ماریا و همکاران، 2004). تحقیقات دیگر نیز نشان داده است که در فصول با بارندگی زیاد، با توجه به افزایش میزان رطوبت خاک و نیز کاهش دمای خاک، جمعیت دم‌فنریان افزایش یافته است. این در حالی است که در فصول گرم سال و نیز در سال‌هایی که زمستان بسیار سرد و شدید بوده است جمعیت دم‌فنریان کاهش یافته است ((ایلیاس و پاروز، 2011). مقایسه دما و رطوبت بر جمعیت دم‌فنریان نشان داده است که رطوبت نقش مؤثرتری در مقایسه با دما در تعیین میزان تراکم جمعیت دم‌فنریان دارد. (کانال، 2004). با وجود تحقیقات صورت گرفته در دنیا، متاسفانه در ایران بررسی تأثیر فاکتورهای مختلف روی نوسان جمعیت مزوفون‌ها و از جمله دم‌فنریان موجود در خاک به صورت جدی مطالعه نشده است. در ارتباط با دم‌فنریان نیز بیشتر تحقیقات انجام شده تنها منحصر به شناسایی فون آنها بوده و تحقیق خاصی در ارتباط با اکولوژی دم‌فنریان صورت نگرفته است (شایان‌مهر و همکاران، 2013؛ کهراریان و همکاران، 2013؛ کهراریان و آربی، 2013؛ آربی و کهراریان، 2015). در این تحقیق سعی شد علاوه بر ردیابی و شمارش منظم و ماهیانه جمعیت دم‌فنریان راسته Entomobryomorpha در سه زیستگاه مختلف جنگل‌ها، مراتع و مزارع استان کرمانشاه، تأثیر دو فاکتور رطوبت و دما روی جمعیت گونه‌های مختلف دم‌فنریان شناسایی شده مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تعیین مکان نمونه‌برداری

با توجه به پوشش خاص موجود در منطقه و نیز شرایط مختلف آب و هوایی که در استان کرمانشاه وجود دارد، سه منطقه مختلف با شرایط آب و هوایی نسبتاً متفاوت (گرم، معتدل و سرد) و پوشش گیاهی مشترک به صورت جدول زیر انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت.

جدول 1- مختصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در استان کرمانشاه

نام ایستگاه	طول جغرافیاییN	عرض جغرافیاییE	نوع پوشش
اسلام‌آباد غرب	34°15`	46°42`	جنگل بلوط، مرتع و گندم دیم
پاوه	34°49`	46°30`	جنگل بلوط، مرتع و گندم دیم
سرپل‌ذهاب	34°24`	46°05`	جنگل بلوط، مرتع و گندم دیم

نحوه نمونه‌برداری

در هر سه ایستگاه ذکر شده از پوشش‌های گیاهی غالب منطقه (درختان بلوط، مراتع و مزارع غلات دیم)، مساحتی در حدود یک کیلومتر مربع و به عنوان یک جامعه آماری انتخاب گردید. نمونه‌برداری به صورت روش نمونه‌برداری مرحله‌ای انجام شد. بطوریکه ابتدا از هر جامعه آماری 10 کرت 200 متر مربعی انتخاب شد و سپس در هر بار نمونه‌برداری از هر کرت یک نمونه خاک به سطح 100 سانتی‌متر مربع و عمق 13 سانتی‌متر تهیه و

جمعیت دم‌فنریان موجود در آن شمارش گردید. محدوده هر کرت با دستگاه GPS به طور دقیق مشخص گردید. نمونه‌برداری به صورت یکنواخت و ماهیانه از خرداد ماه 1395 آغاز شده و تا اردیبهشت 1397 (به مدت 24 ماه) ادامه یافت. در آزمایشگاه هر نمونه خاک بین حدود 4 تا 5 روز در داخل قیف برلیز نگهداری شدند و سپس در صورت وجود، جمعیت دم‌فنریان به طور دقیق در سطح خانواده، جنس و یا گونه (در حد امکان) شمارش شدند. جهت شناسایی نمونه‌ها، ابتدا بر اساس ضخامت کوتیکول و رنگ‌دانه موجود در جلد، هر نمونه را بین چند دقیقه تا چند ساعت در محلول نسبیت (آب مقطر 25 میلی‌لیتر، کلرال هیدرات 40 گرم، اسیداستیک غلیظ (37/5%) 2/5 میلی‌لیتر) شفاف کرده (جوردانا، 1997) و سپس بر اساس نیاز از نمونه‌های شفاف شده اسلاید موقت یا دایمی تهیه شد. شناسایی به کمک کلیدهای معتبر از جمله فجلبرگ (1998)، جوردانا (1997) و پوتاپوف (2002) صورت گرفت. همزمان با نمونه‌برداری دما و رطوبت خاک نیز به صورت ماهیانه محاسبه شد. محاسبه رطوبت خاک به کمک آون و براساس تعیین وزن تر و وزن خشک به صورت فرمول زیر انجام گرفت.

$$W= w1-w2/w2*100$$

که در این‌حالت w1 = وزن خاک مرطوب (100گرم)، w2 = وزن خاک خشک پس از 24 ساعت قرارگیری در آون و W درصد رطوبت می‌باشد. محاسبه دمای خاک نیز با کمک یک دماسنج معمولی مخصوص خاک صورت گرفت. جهت محاسبه مطلوبیت زیستگاه، با استفاده از روش رگرسیون لوجستیک ارتباط بین حضور و عدم حضور گونه و شرایط زیستگاه از نظر رطوبت و دما مقایسه گردید. برای بررسی معنی‌داری ضرایب معادله رگرسیون لوجستیک از آماره والد (Wald) استفاده گردید. با بررسی مقدار P value معنی‌دار بودن تأثیر ضرایب هر یک از متغییر ها در مدل رگرسیون لوجستیک آزمون شد. معادله محاسبه مطلوبیت زیستگاه با استفاده از معادله رگرسیون لوجستیک و به شرح زیر محاسبه گردید:

$$\Pr(x) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_n x_n)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_n x_n)}$$

برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار Statistica (Ver. 10) استفاده گردید.

نتایج

بررسی نوسانات جمعیت دم‌فنریان موجود در منطقه

در طی 24 ماه نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مختلف سه شهرستان، در مجموع 16 گونه مختلف از دم‌فنریان راسته Entomobryomorpha شناسایی و شمارش گردید (جدول 2).

نتایج حاصل از جمع‌آوری و محاسبه گونه‌های مختلف دم‌فنریان در سه شهرستان مختلف نشان داد که به طور کلی بیشترین درصد گونه‌های شناخته شده در هر سه شهرستان اسلام‌آباد غرب، پاوه و سرپل‌ذهاب مربوط به زیستگاه جنگل (به ترتیب با 81/3، 87/5 و 68/8 درصد، به طور میانگین 79/2 درصد) می‌باشد (جدول 2). از سوی دیگر در دو شهرستان اسلام‌آباد غرب و سرپل‌ذهاب بیشترین درصد فراوانی دم‌فنریان شمارش شده در زیستگاه جنگل (به ترتیب با 60/77 و 69/22 درصد) بوده و تنها در شهرستان پاوه درصد فراوانی دم‌فنریان شمارش شده زیستگاه مرتع (49/19 درصد) از دو زیستگاه دیگر بیشتر می‌باشد (جدول 3).

مقایسه جمعیت دم‌فنریان در ماه‌های مختلف نشان داد که عمده فعالیت اکثر گونه‌های مختلف دم‌فنریان بین ماه‌های آبان تا اردیبهشت می‌باشد. به طور استثنا در برخی از گونه‌ها از جمله گونه‌های *Seira* sp (فاصله زمانی بین ماه‌های خرداد تا شهریور) و *Isotoma iranica* (فروردین تا خرداد) این دامنه فعالیت متفاوت بوده به طوری‌که عمده فعالیت این دو گونه در فصول بهار تا تابستان دیده شد (شکل 1).

از سوی دیگر دامنه زمانی فعالیت اکثر گونه‌های شمارش شده در جنگل نسبت به دو زیستگاه مزرعه و مرتع بیشتر بود.

در میان گونه‌های مورد بررسی از خانواده Entomobryidae در این تحقیق، گونه *Seira* sp نسبت به گونه‌های دیگر دارای درصد فراوانی بیشتری بوده و گونه *P.octopunctata* نیز دارای دامنه فعالیت بیشتری نسبت به گونه‌های دیگر داشت به طوری که دامنه فعالیت این گونه در زیستگاه‌های مورد مطالعه به طور میانگین از ماه‌های آبان تا تیرماه در هر سال ثبت گردید. در میان خانواده Isotomidae نیز گونه *Folsomides marchicus* نسبت به گونه‌های دیگر فراوانی و دامنه فعالیت بیشتری داشته به طوریکه دامنه فعالیت آنها در زیستگاه‌های مورد مطالعه به طور میانگین از ماههای آبان تا تیرماه در هر سال ثبت گردید (شکل 2).

جدول 2- درصد گونه‌های مختلف دم‌فنریان در زیستگاه‌های مختلف سه شهرستان استان کرمانشاه

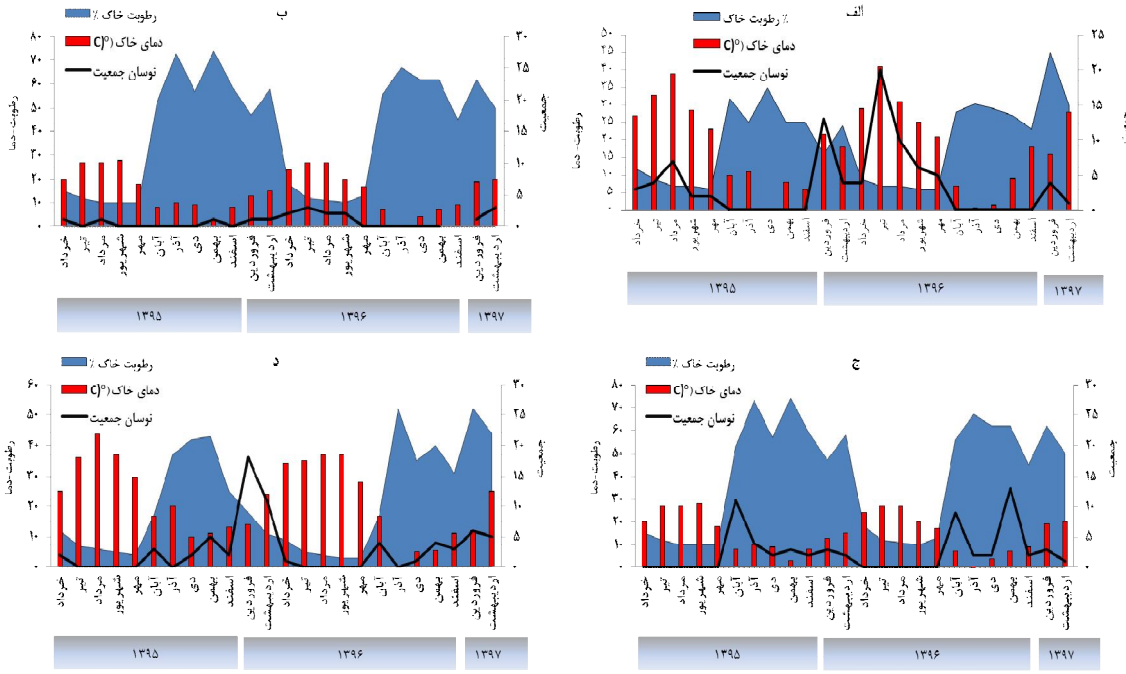
گونه	اسلام‌آباد غرب			پاوه			سرپل‌ذهاب		
	جنگل	مرتع	مزرعه	جنگل	مرتع	مزرعه	جنگل	مرتع	مزرعه
Entomobrya lindbergi	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Cyphoderus albinus	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Heteromurus major	+	-	-	+	-	-	+	-	-
Pseudosinella baghdadica	+	+	+	+	+	+	+	+	+
P. octopunctata	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Seira sp	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Folsomia quadrioculata	+	+	-	+	+	+	+	-	-
F. asiatica	-	-	-	+	+	-	-	-	-
Folsomides marchicus	+	+	+	+	+	+	+	+	+
F. parvulus	+	+	-	+	+	-	+	+	+
F. subvinosus	+	-	-	-	-	-	+	+	+
Parisotoma notabilis	+	-	-	+	-	-	+	-	-
Desoria tigrina	+	-	-	+	-	+	+	-	-
Isotoam iranica	-	-	-	-	+	-	-	-	-
I. pinuta	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Isotomiell minor	+	-	-	+	-	+	+	-	-
تعداد گونه‌ها در هر زیستگاه	13	7	5	14	7	7	11	8	7
درصد از کل گونه‌های شناخته شده	81/3	43/8	38/5	87/5	43/8	43/8	68/8	50	43/8

جدول 3- درصد فراوانی هر گونه نسبت به کل دم‌فنریان موجود در سه زیستگاه هر شهرستان

گونه	درصد فراوانی هر گونه در هر اکوسیستم								
	اسلام‌آباد غرب			پاوه			سرپل‌ذهاب		
	جنگل	مرتع	مزرعه	جنگل	مرتع	مزرعه	جنگل	مرتع	مزرعه
Entomobrya lindbergi	/69	/25	/25	/97	0	0	0	/09	0/63
Cyphoderus albinus	0	0	0	/22	0	0	0	0	0
Heteromurus major	2/37	0	0	3/52	0	0	1/77	0	0
Pseudosinella baghdadica	/75	1	1/06	/38	/38	/81	0/45	/18	/18
P. octopunctata	3/56	/75	/31	4/87	/27	/32	4/02	/06	0/57
Seira sp	3/56	5/31	5/87	3/25	4/27	3/9	2/01	1/53	1/92
Folsomia quadrioculata	13/62	/75	0	2/98	/38	/65	1/35	0	0
F. asiatica	0	0	0	/27	/16	0	0	0	0
Folsomides marchicus	15/68	16/93	2/25	7/74	39/23	2/16	49/7	15/71	6/43
F. parvulus	2/12	4/5	0	1/89	4/49	0	5/47	1/77	1/05
F. subvinosus	1/87	0	0	0	0	0	0/69	/12	/24
Parisotoma notabilis	9/81	0	0	7/95	0	0	1/62	0	0
Desoria tigrina	3/25	0	0	3/73	0	/6	1/02	0	0
Isotoam iranica	0	0	0	0	0	0	-	0/3	0
I. pinuta	/25	0	0	/27	0	0	-	0	0
Isotomiell minor	3/25	0	0	3/73	0	/6	1/11	0	0
درصد فراوانی گونه	60/77	29/48	9/74	41/77	49/19	9/04	69/22	19/76	11/02
مجموع		%100			%100			%100	

تعیین معادله مطلوبیت زیستگاه با استفاده از دو فاکتور رطوبت و دما

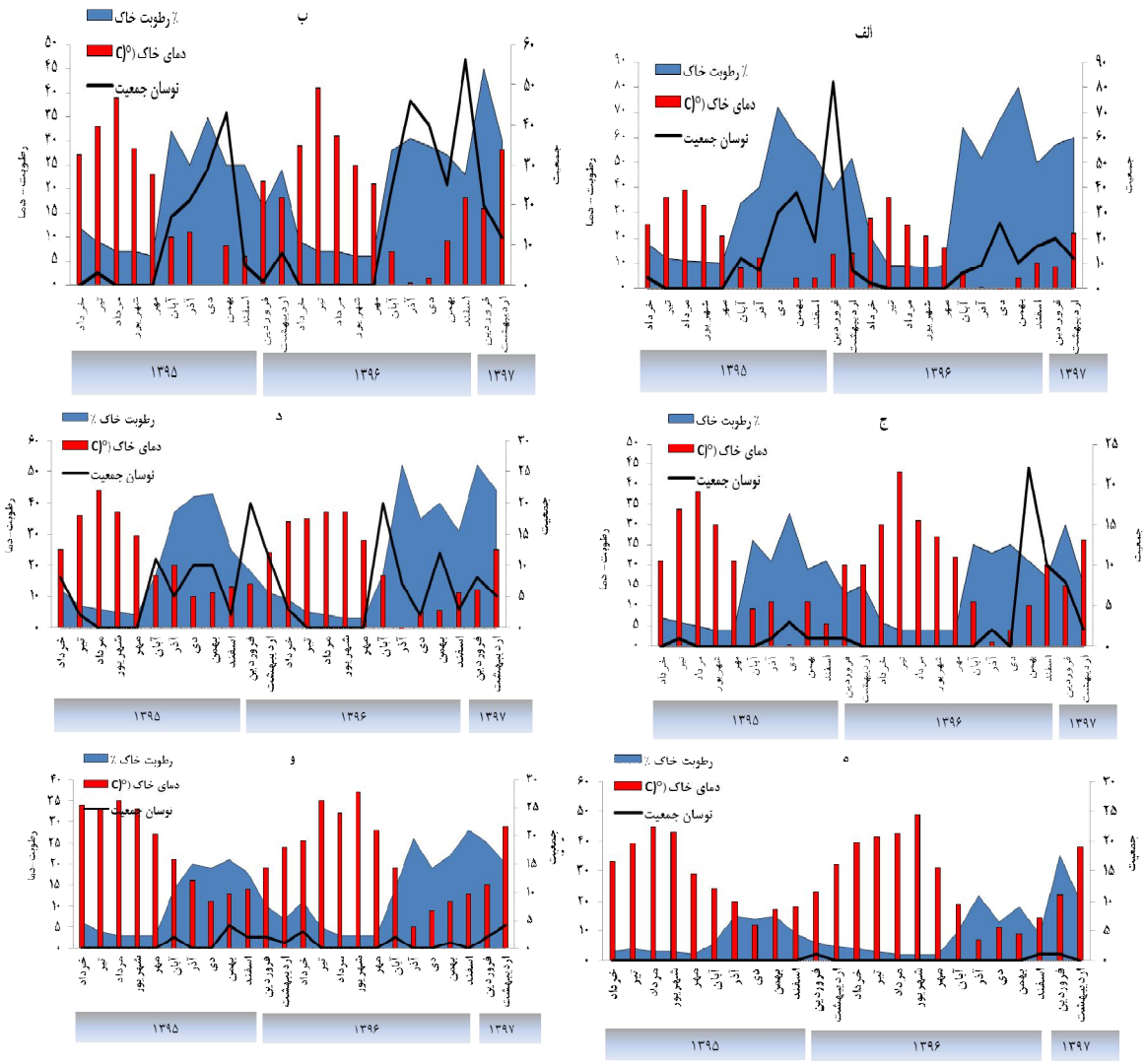
با محاسبه عدد ثابت و ضرایب متغییرهای رگرسیون لوجستیک برای هر گونه، یک معادله ویژه برای احتمال حضور هر گونه و بر اساس دو متغییر دما و رطوبت به شرح جدول زیر به دست آمد. در هر یک از این معادله‌ها با قرار دادن دما و رطوبت هر منطقه، می‌توان میزان احتمال مطلوبیت زیستگاه برای هر گونه را از صفر (نامطلوب) تا 1 (حداکثر مطلوبیت) محاسبه نمود.



شکل 1- نوسان جمعیت محاسبه شده (از سطح 100 سانتی‌متر مربع و عمق 13 سانتی‌متر) برخی از گونه‌های مورد مطالعه در زیستگاه‌های مختلف الف) گونه *Seira* sp در زیستگاه مرتع شهرستان اسلام‌آباد غرب ب)گونه *Entomobrya lindbergi* در زیستگاه جنگل شهرستان پاوه، ج) گونه *Folsomia quadrioculata* در زیستگاه جنگل شهرستان پاوه و د) گونه *Heteromurus major* در زیستگاه جنگل شهرستان سرپل ذهاب

بررسی پاسخ گونه‌های مختلف به دما و رطوبت

نتایج حاصل از بررسی ارتباط بین حضور و یا عدم حضور گونه‌ها و شرایط زیستگاه بر اساس دما و رطوبت و با استفاده از روش رگرسیون لوجستیک نشان داد که حضور اکثر گونه‌ها در زیستگاه‌های مختلف سه شهرستان ارتباط مستقیمی با افزایش رطوبت و در بسیاری از مواقع با کاهش دما داشتند (جدول 4). در میان گونه-های مختلف تنها گونه‌های *Seira* sp، *Hemisotoma orientalis*، *Isotoma pinuta* و *Entomobrya* sp_2 نسبت به رطوبت واکنش منفی داشته‌اند. به عبارت دیگر این گونه‌ها در برابر خشکی مقاومت و تحمل بالاتری داشته و در فصول خشک سال دیده شدند.



شکل 2- مقایسه فراوانی و نوسان جمعیت (از سطح 100 سانتی‌متر مربع و عمق 13 سانتی‌متر) گونه *Folsomides marchicus* در زیستگاه‌های مختلف شهرستان اسلام‌آباد غرب، الف) جنگل، ب) مرتع و ج) مزرعه و گونه *Pseudosinell octopunctata* در زیستگاه‌های مختلف شهرستان سرپل‌ذهاب د) جنگل، ه) مرتع و) مزرعه

جدول 4- واکنش گونه‌های مختلف نسبت به رطوبت و دما

خانواده	گونه	رطوبت	دما	خانواده	گونه	رطوبت	دما
Entomobryidae	*Pseudosinella baghdadica*	*↑	*↑	Isotomidae	*Folsomides marchicus*	*↑	↓
	Entomobrya lindbergi	↑	↑		*F. parvulus*	*↑	*↓
	Cyphoderus albinus	*↑	↑		*F. subvinus*	*↑	↓
	Heteromurus major	*↑	*↑		*Parisotoma notabilis*	*↑	↑
	Pseudosinella octopunctata	*↑	↑		*Desoria tigrina*	*↑	*↑
	Seira sp	↓	*↑		*Isotoam iranica*	↓	*↓
Isotomidae	*Folsomia quadrioculata*	*↑	↑		*Isotoam pinuta*	↓	*↓
	F. asiatica	↑	↓		*Isotomiella minor*	*↑	↑

*معنادار بودن ضریب معادله رگرسیون لجستیک با استفاده از آماره والد (Wald)

جدول 5- تعیین معادله مطلوبیت زیستگاه هر گونه بر اساس دو متغییر دما و رطوبت

نام گونه	معادله مطلوبیت
Entomobrya lindbergi	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-1.804+0.010\times temperature+0.004\times humidity)}}{1+e^{(-1.804+0.010\times temperature+0.004\times humidity)}}$
Pseudosinella baghdadica	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-2.943+0.068\times temperature+0.034\times humidity)}}{1+e^{(-2.943+0.068\times temperature+0.034\times humidity)}}$
Cyphoderus albinus	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-8.128+0.101\times temperature+0.089\times humidity)}}{1+e^{(-8.128+0.101\times temperature+0.089\times humidity)}}$
Heteromurus major	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-5.271+0.073\times temperature+0.095\times humidity)}}{1+e^{(-5.271+0.073\times temperature+0.095\times humidity)}}$
Pseudosinella octopunctata	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-2.361+0.017\times temperature+0.082\times humidity)}}{1+e^{(-2.361+0.017\times temperature+0.082\times humidity)}}$
Seira sp	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-3.736+0.217\times temperature+(-0.004)\times humidity)}}{1+e^{(-3.736+0.217\times temperature+(-0.004)\times humidity)}}$
Folsomia quadrioculata	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-7.975+0.037\times temperature+0.251\times humidity)}}{1+e^{(-7.975+0.037\times temperature+0.251\times humidity)}}$
F. asiatica	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-3.315+(-0.118)\times temperature+0.033\times humidity)}}{1+e^{(-3.315+(-0.118)\times temperature+0.033\times humidity)}}$
Folsomides marchicus	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-1.854+(-0.037)\times temperature+0.237\times humidity)}}{1+e^{(-1.854+(-0.037)\times temperature+0.237\times humidity)}}$
F. parvulus	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-0.229+(-0.074)\times temperature+0.055\times humidity)}}{1+e^{(-0.229+(-0.074)\times temperature+0.055\times humidity)}}$
Folsomides subvinosus	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-3.127+(-0.022)\times temperature+0.054\times humidity)}}{1+e^{(-3.127+(-0.022)\times temperature+0.054\times humidity)}}$
Parisotoma notabilis	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-6.049+0.045\times temperature+0.151\times humidity)}}{1+e^{(-6.049+0.045\times temperature+0.151\times humidity)}}$
Desoria tigrina	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-6.023+0.066\times temperature+0.146\times humidity)}}{1+e^{(-6.023+0.066\times temperature+0.146\times humidity)}}$
Isotoma pinuta	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(1.658+(-0.314)\times temperature+(-0.085)\times humidity)}}{1+e^{(1.658+(-0.314)\times temperature+(-0.085)\times humidity)}}$

ادامه جدول 5

Isotoma iranica	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-1.804+0.010\times temperature+0.004\times humidity)}}{1+e^{(-1.804+0.010\times temperature+0.004\times humidity)}}$
Isotomiella minor	$\mathrm{pr}(x)=\frac{e^{(-5.046+0.029\times temperature+0.089\times humidity)}}{1+e^{(-5.046+0.029\times temperature+0.089\times humidity)}}$

بحث

نتایج حاصل از بررسی ارتباط بین حضور و یا عدم حضور گونه‌ها و شرایط زیستگاه بر اساس دما و رطوبت و با استفاده از روش رگرسیون لوجستیک نشان داد که حضور اکثر گونه‌ها در زیستگاه‌های مختلف سه شهرستان، ارتباط مستقیمی با افزایش رطوبت خاک داشته و کاهش دمای خاک دارد به‌طوری که جمعیت اکثر دم‌فنریان راسته Entomobryomorpha با بالا رفتن میزان نسبی رطوبت و کاهش دمای خاک، افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد تبخیر درصد بالایی از رطوبت خاک در مواقعی که دمای خاک بالا است (فصول گرم سال) می‌تواند از علل کاهش جمعیت دم‌فنریان در فصول گرم سال باشد. تحقیقات اخیر صورت گرفته در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران نیز نشان داده است که رطوبت و دما به عنوان یکی از عوامل اصلی تعیین تراکم جمعیت پادمان موجود در این منطقه است (مهرافروز مایوان و همکاران، 2015). نتایج محققین خارج از ایران نیز نشان داده است که تغییر در فاکتورهای چون رطوبت و دما می‌تواند در کاهش جمعیت بسیاری از دم‌فنریان موثر باشد (چوی و همکاران، 2006؛ پترسون، 2002). به طوری که در زمان خشکی بسیاری از گونه‌های این راسته به صورت تخم باقی مانده و در زمان بارندگی پوره‌ها از تخم خارج می‌شوند (آلوارز و همکاران، 1997).

شمارش ماهیانه جمعیت دم‌فنریان راسته Entomobryomorpha در زیستگاه‌های مختلف سه شهرستان نشان داد که دامنه فعالیت اکثر گونه‌های شمارش شده ، در منطقه، بین ماه‌های آبان تا اردیبهشت هر سال است. این امر به‌ویژه در زیستگاه جنگل نسبت به دو زیستگاه مزرعه و مرتع بیشتر بود. علاوه بر بیشتر بودن دامنه زمانی فعالیت در مناطق جنگلی، درصد فراوانی (به جز در شهرستان پاوه) و تعداد گونه‌های شمارش شده در جنگل نیز از دو زیستگاه دیگر بیشتر بود. به نظر می‌رسد عوامل مختلفی مانند وجود خاک‌برگ و مواد غذایی بیشتر در جنگل، پایداری اکولوژیکی بیشتر جنگل و نیز وجود سایه‌اندازی درختان در مناطق جنگلی می‌توانند در بالا بردن تعداد گونه‌ها و نیز افزایش دامنه فعالیت زمانی اکثر گونه‌های موجود در جنگل مؤثر باشد. نتایج اخیر کهراریان و همکاران نیز نشان داده است که غنای گونه‌ای و تنوع گونه‌ای دم‌فنریان در مناطق جنگلی شهرستان‌های پاوه و سرپل‌ذهاب از مراتع و مزارع کشاورزی این شهرستان‌ها بیشتر بوده است (کهراریان و همکاران، 1396). از سوی دیگر تحقیقات صورت گرفته در جنگل‌های هیرکانی شمال ایران نشان داد که تنوع گونه‌ای پادمان موجود در این جنگل‌ها در مقایسه با جنگل‌های مناطق اروپایی و آمریکایی کم‌تر است 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 (مهرافروز مایوان و همکاران، 2015).

در مراتع هر سه شهرستان درصد فراوانی جمعیت دو گونه *F.marchicus* و *F. parvulus* از سایر گونه‌های موجود بیشتر بود. در مراتع شهرستان پاوه درصد فراوانی جمعیت این دو گونه مشخص‌تر بوده و حتی بیشتر از جمعیت شمارش شده در جنگل بود (به ترتیب 39/23 درصد به 7/74 درصد در گونه *F. marchicus* و 4/49 درصد به 1/89 درصد در گونه *F. parvulus*). این امر سبب گردید در این شهرستان درصد فراوانی کلی جمعیت دم‌فنریان راسته Entomobryomorpha در زیستگاه مرتع (49/9 درصد) بیشتر از جنگل (41/77 درصد) باشد در حالی‌که تعداد گونه‌های این راسته از دم‌فنریان در زیستگاه جنگل (14 گونه) بیشتر از مرتع (7 گونه) بود. کهراریان و همکاران نیز در گزارشی بیان کردند که در دو شهرستان پاوه و سرپل‌ذهاب با توجه به عواملی چون کوهستانی بودن منطقه، سطح کم مراتع، فشرده بودن و سنگلاخی بودن مراتع و نیز وجود پالایشگاه‌های نفت در نزدیک مراتع سرپل‌ذهاب دو گونه *F. marchicus* و *Axenyllodes monoculatus* به عنوان گونه‌های غالب منطقه شناخته شده‌اند (کهراریان و همکاران، 1396). لارسن و همکاران نیز چرای بی‌رویه در مراتع را از جمله عوامل مؤثر در بر

هم زدن توازن جمعیتی پادمان موجود در مراتع ذکر کرده‌اند (لارسن و همکاران، 2004). به نظر می‌رسد وجود هر یک از عوامل فوق و دخالت‌های نابجا انسان می‌تواند سبب گردد تا گونه‌های حساس نتوانند به خوبی جمعیت خود را گسترش داده و همین امر سبب می‌گردد تا گونه‌های دیگری از دم‌فنریان مانند *F.marchicus* و *F.parvulus* با توجه به رقابت کمتر به خوبی تکثیر و افزایش جمعیت یابند.

با وجود مطالب فوق، برخی از گونه‌های دم‌فنریان راسته Entomobryomorpha مانند *Isotoma pinuta*، *Seira* sp و *Isotoma iranica*، نسبت به رطوبت واکنش منفی داشتند. از سوی دیگر گونه *Seira* sp علاوه بر واکنش منفی نسبت به رطوبت، در مقابل افزایش دما واکنش مثبت داشته به طوری که اوج جمعیت این گونه از دم‌فنریان در دمای بالا و شرایط خشک خاک (رطوبت شش درصد خاک مزرعه و یا هشت درصد خاک مرتع) بود. این امر نشان می‌دهد علاوه بر رطوبت و دما، فاکتورهای دیگری نیز در شکل‌گیری و تراکم جمعیت مؤثر است. تاکنون گزارش‌های کمی از گونه‌های پادمان متحمل به خشکی و دمای بالا گزارش شده است. به نظر می‌رسد گونه گزارش شده در این منطقه بتواند به عنوان یک گونه جدید برای فون دنیا شناخته شود و این امر نیاز به انجام مطالعه‌های بیشتری در خصوص شکل‌شناسی، بیولوژی و اکولوژی آن دارد. از سوی دیگر وجود این گونه در مناطق ذکر شده و در زمانی که جمعیت بسیاری دیگر از دم‌فنریان صفر و یا نزدیک به آن است، می‌تواند زمینه را برای مطالعه این گونه به عنوان یک شاخص در مقایسه و ارزیابی سایر عوامل تأثیر گذار بر کیفیت خاک و جمعیت جانداران موجود در خاک به‌شمار رود.

نتیجه‌گیری کلی

به نظر می‌رسد به دست آمدن نتایجی چون حضور بسیاری از گونه‌های شمارش شده دم‌فنریان راسته Entomobryomorpha، در دوره زمانی با رطوبت بالا و دمای نسبتاً پایین خاک و نیز بالا بودن درصد فراوانی و تعداد گونه‌های شمارش شده موجود در زیستگاه جنگل (در مقایسه با دو زیستگاه مزرعه و مرتع) می‌تواند به خاطر عوامل مختلفی مانند وجود بقایای گیاهی مناسب و مواد غذایی بیشتر در جنگل و نیز سطح سایه‌اندازی بیشتر در مناطق جنگلی در مقایسه با دو زیستگاه دیگر دانست. این در حالی است که در دو زیستگاه مزرعه و مرتع عواملی چون سطح سایه‌اندازی کم‌تر، عدم وجود خاک‌برگ، تجمع کم‌تر مواد آلی، دخالت بیشتر انسان با استفاده از به کارگیری اداوات کشاورزی و مواد شیمیایی مختلف (به‌ویژه در مزارع) و نیز چرای بی‌رویه در مراتع می‌تواند در کاهش تنوع، فراوانی و دامنه زمان فعالیت گونه‌های شمارش شده دم‌فنریان در این مناطق مؤثر باشند.

بالا بودن درصد فراوانی دو گونه *F.marchicus* و *F. parvulus* در زیستگاه‌های مراتع نسبت به زیستگاه‌های مزرعه و جنگل در هر سه شهرستان می‌تواند نشان‌دهنده حساسیت کم‌تر این دو گونه نسبت به سایر گونه‌ها در مواجه با عواملی چون فشردگی خاک، چرای دام و احتمالاً سایر عوامل مصنوعی و فاکتورهای موجود در خاک باشد. این امر به خوبی نشان می‌دهد که مدیریت و دخالت نامناسب انسان در طبیعت تا چه اندازه‌ای می‌تواند در بر هم زدن توازن گونه‌ای و نیز درصد فراوانی دم‌فنریان و احتمالاً سایر مزفون‌های خاک مؤثر باشد به نحوی که گونه‌های غیر حساس با توجه به رقابت کم‌تر قادرند به نحو چشمگیرتری افزایش یابند.

حضور برخی از گونه‌های دم‌فنریان و از جمله گونه *Seira* sp در فصل‌های گرم سال و به خصوص در زمان‌هایی که رطوبت خاک پایین است می‌تواند بیانگر آن باشد که علاوه بر رطوبت و دما، فاکتورهای دیگری در حضور این گونه‌ها مؤثر است. با توجه به انکه تاکنون گزارش‌های بسیار کمی از وجود دم‌فنریان در مناطق گرم و با رطوبت پایین ارائه شده است. وجود این گونه‌ها در فصول گرم و خشک سال در مناطق ذکر شده و در زمانی که جمعیت سایر گونه‌های دم‌فنریان صفر و یا نزدیک به صفر است می‌تواند به عنوان شاخص مناسبی در ارزیابی متغیرهای موجود در خاک و مدیریت کیفیت خاک به شمار آیند.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه در انجام این تحقیق در قالب یک طرح پژوهشی کمال تشکر و قدردانی را دارم.

فهرست منابع:

1. کهراریان، م.، وفایی شوشتری، ر و سلیمان‌نژادیان، الف. 1396. بررسی تنوع زیستی پادمان (Hexapoda: Collembola) در سه اکوسیستم مختلف در استان کرمانشاه (ایران). گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی). (3)40، 39-52.
2. 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.
3. Arbea, J. I. and Kahrarian, M. 2015. Two new species and new data of Isotomidae Schaeffer, 1896 (Collembola: Entomobryomorpha) from Iran. Arquivos Ntomoloxicos 14:71–88.
4. Cassagne, N., Gers, C. and Gauquelin, T. 2003. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). Biology and Fertility of Soils 37:355–361.
5. Choi, W.I, Ryoo, M.I. and Kim, J. 2002. Biology of *Paronychiurus kimi* (Collembola: Onychiuridae) under the influences of temperature, humidity and nutrition. Pedobiologia 46:548–557.
6. Choi, W.I., Moorhead, D.L., Neher, D.A. and Ryoo, M. I. 2006. A modeling study of soil temperature and moisture effects on population dynamics of *Paronychiurus kimi* (Collembola: Onychiuridae). Biology and Fertility of Soils 43: 69–75.
7. Fjellberg, A. 1998. The Collembola of Fennoscandia and Denmark: Poduromorpha. BRILL, Leiden, Boston, Koln.
8. Ilyas, M. and Parwez, H. 2011. Effect of Agricultural practices on the population of Collembola. The Bioscan 6(2):191–194.
9. Jordana, R. (1997) *Collembola: Poduromorpha*. CSIC Press.
10. Kahrarian, M. and Arbea, J.I. 2013. Preliminary Isotomidae fauna (Collembola: Entomobryomorpha) in Kermanshah areas, Western Iran. Journal of entomological Research 37(1):91–94.
11. 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.
12. Kanal, A. 2004. Effect of Fertilisation and edaphic properties on Soil- associated Collembola in crop rotation. Agronomy Research 2(2):153-168.
13. Ke, X., Yang, Y.M., Yin, W.Y. and Xue, L.Z. 2004. Effects of low pH environment on the collembolan *Onychiurus yaodai*. Pedobiologia 48:545–550.
14. Larsen, T., Schönning, P. and Axelsen, J. 2004. The impact of soil compaction on eudaphic Collembola. Applied Soil Ecology 26:273–281.
15. Maria, A.T., Athanasios, S.K., Eleni, K., George, P.S. and Stefanes, P.S. 2004. Responses of soil microarthropods to experimental shortterm manipulations of soil moisture. Applied Soil Ecology 29(1):17–26.
16. 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 Organism 87(3):239–247.
17. Parwez, H. and Sharma, M.K. 2004. Dynamics of the collembolan population in two different ecotypes in a tropical reson. Bioscience Research Bulletin 20(1):27–38.
18. Petersen, H. 2011. Collembolan communities in shrublands along climatic gradients in Europe and the effect of experimental warming and drought on population density, biomass and diversity. Soil organism 83(3):463–488.

19. Potapov, M. (2002) *Isotomidae. In: Dunger W (Ed) Synopses on Palaearctic Collembola.* Staatliches Museum für Naturkunde, Görlitz.
20. Shayanmer, M., Yahyapour, E., Kahrarian, M. and Yoosefi-Lafooraki, E. 2013: An introduction to Iranian Collembola (Hexapoda): an update to species list. ZooKeys 335:69–83.
21. Van Gestel, C.A.M. and Van Diepen, A.M.F. 1997. The influence of soil moisture content on the bioavailability and toxicity of Cadmium for *Folsomia candida* Willem (Collembola: Isotomidae). Ecotoxicology and Environmental Safety 36:123–132.

Study on Dynamism and Habitat Suitability Modeling of Entomobryomorpha (Hexapoda: Collembola) in three Different Ecosystems in Kermanshah Province

M. kahrarian[1]

Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Kermanshah branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran; E-mail: mkahrarian@iauksh.ac.ir

Received: July, 2018 & Accepted: March, 2019

Abstract

Collembola along with mites are dominating in soils. In this research, the population of Entomobryomorpha was evaluated in three different ecosystems; field crop, oak forest and grassland in three cities (Eslamabad-e- Gharb, Paveh and Sare pol-e-zahab). Sampling was done every month from June 2016 to May 2018. In each site, ten soil samples were taken from a surface area of 100 cm^2 with depth of 13 cm. Then, the population of collembolan was counted to species level. Temperature and moisture content of soil samples were also evaluated simultaneously. The relationship between presence/absence of species and habitat conditions was compared using logistic regression based on temperature and humidity. Totally, 16 species were identified that oak forest had higher species (average 79.2%) than other ecosystems in three different cities. The highest frequency percentage of springtails was in oak forest in Eslamabad-e- Gharb and Sare pol-e-zahab (60.77% and 69.22% respectively) and in Paveh, grassland had a higher frequency than field crop and oak forest (49.19 %). The results of monthly counting and habitat suitability modeling showed that the abundance population of the most species was occurred in November to May. Most Species frequency was correlated with soil moisture but it had an inverse relationship with soil temperature. However, some species such as *Seira* sp was presented in low humidity (6% in field crop and 8% in grassland) and high temperature (35 to 40 ċ). It indicates that not only soil temperature and soil moisture affect population size of soil arthropods but also other environmental factors might be effective in it.

Keywords: Temperature and soil moisture, habitat suitability, Collembola.

[1]. Corresponding author: Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Kermanshah branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran