فراوانی و تنوع زیستی بندپایان مزوفون خاکزی در لایه‌های مختلف خاک جنگل‌های سوزنی‌برگان

مجید میراب بالو[1] و بهزاد میری

دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران؛ m.mirabbalou@ilam.ac.ir

دانشجوی دکتری گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛ behzadmiri664@gmail.com

دریافت: 99/2/6 و پذیرش: 99/7/23

چکیده

به منظور بررسی تنوع زیستی و تغییرات جمعیت مزوفون خاک (کنه‌ها و پادمان) خاک سوزنی‌برگان (شامل درختان سرو و کاج) در ایلام، نمونه‌برداری‌ها به صورت ماهیانه و به مدت یک سال (مهر ماه 1397 تا شهریور 1398) از خاکبرگ (0-5 سانتی‌متر) و خاک سطحی (5-10 سانتی‌متر) انجام شد. بندپایان موجود در خاک با استفاده از قیف برلیز استخراج و در نهایت نسبت به شمارش و شناسایی آن‌ها اقدام گردید. تنوع زیستی بندپایان با استفاده از شاخص-های تنوع زیستی محاسبه شد. در این تحقیق، حضور بندپایان در لایه‌های مختلف خاک و هم‌چنین فصول مختلف سال با یکدیگر مقایسه شدند. آزمون تجزیه واریانس نشان داد که اثر لایه‌های خاک و فصول مختلف در هر دو منطقه (درختان سرو و کاج) معنی‌دار می‌باشد ($P\leq0/01$)، اما اثر متقابل این دو برای تراکم جمعیت بندپایان مزوفون خاک اختلاف معنی‌داری نداشت ($P>0/01$). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تغییرات فصلی تراکم جمعیت بندپایان مزوفون خاک، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار متعلق به درختان سرو با مقادیر عددی 8/22±26/50 (فصل پاییز) و 0/15±0/74 (فصل تابستان) بود. هم‌چنین بر اساس مقایسه میانگین، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار تراکم جمعیت بندپایان در خاک درختان کاج به ترتیب با مقادیر 1/26±4/31 (فصل پاییز) و 0/14±0/63 (فصل بهار) مشاهده شد. در خصوص شاخص‌های تنوع زیستی نیز نتایج بدست آمده نشان داد که بیش‌ترین میزان تنوع گونه‌ای بر اساس شاخص‌های شانون – وینر و سیمپسون به تفکیک فصول و مناطق نمونه‌برداری (درختان سرو و کاج) به ترتیب با مقادیر عددی 3/77 و 0/97 مربوط به درختان کاج و فصل تابستان و کم‌ترین مقدار این شاخص‌ها به ترتیب با مقدار عددی 2/44 و 0/83 مربوط به درختان سرو و فصل بهار به دست آمد. هم‌چنین بیش‌ترین مقدار غنای گونه‌ای مارگالف مربوط به خاک درختان کاج با مقدار 11/68 در فصل پاییز و کم‌ترین مقدار آن مربوط به خاک درختان سرو با مقدار7/89 در فصل بهار بود. بیش‌ترین میزان شاخص یکنواختی پیلو با مقدار عددی 0/97 مربوط به خاک درختان کاج و فصل تابستان و کم‌ترین مقدار این شاخص با مقدار عددی 0/64 مربوط به درختان سرو و فصل بهار بود. به طور کلی شاخص‌های تنوع زیستی محاسبه شده در خاک درختان کاج نسبت به خاک درختان سرو بالاتر بود که می‌توان از این درختان استفاده بیش‌تری در سیستم جنگلکاری شود.

واژه‌های کلیدی: سرو، کاج، شاخص‌های زیستی، مزوفون، ایلام.

[1] نویسنده مسئول، آدرس: ایلام، دانشگاه ایلام، دانشکده کشاورزی، گروه گیاهپزشکی

مقدمه

واژه تنوع زیستی یا گوناگونی زیستی در برگیرنده تمامی مراحل تنوع و تغییرپذیری موجودات زنده، درون جوامع و بین آن‌هاست. امروزه تنوع زیستی به عنوان یکی از اساسی ترین موضوعات در بوم‌شناسی مطرح است. حضور گونه‌های مختلف در یک زیست‌بوم به عنوان یک خصوصیت کیفی مطرح بوده و بوم‌شناسان به منظور کمی کردن و تفسیر هرچه بهتر آن، شاخص‌های متعددی را ابداع کرده‌اند که هریک از آن‌ها به نحوی در تحلیل زیست‌بوم و تنوع زیستی دارای کاربرد هستند (باند و چیس، 2002). انواعی از تنوع در سطوح ژن، گونه و زیست‌بوم وجود دارد که هریک بیانگر جنبه‌ای از سیستم-های حیات‌اند که به ترتیب تنوع ژنتیکی، تنوع گونه‌ای و تنوع زیست‌بومی نام دارند. سه واژه برای اندازه‌گیری تنوع زیستی به کار می‌رود که عبارتند از تنوع آلفا یا تنوع درون زیستگاهی، تنوع بتا یا تنوع بین زیستگاهی و تنوع گاما یا تنوع منطقه‌ای (مگوران، 1988). آنچه امروزه بر اهمیت تنوع زیستی می‌افزاید نقش آن در حفظ و ثبات زیست-بوم‌ها است، چون حضور گونه‌های بیش‌تر در یک منطقه سبب پیچیده‌تر شدن ساختار زیست‌بوم و حفظ ثبات در آن می‌شود.

موجودات خاکزی خصوصاً بی‌مهرگان در تجزیه مواد آلی، چرخه نیتروژن و کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌ها نقشی مثبت دارند. این موجودات بر اساس نحوه‌ی تغذیه، میزان فراوانی و عناصر معدنی حاصل از تجزیه بدن خود در بهبود خصوصیات خاک به صورتی مستقیم و یا غیرمستقیم دخالت می‌نمایند. هم‌چنین بی-مهرگان خاکزی تأثیری مثبت بر ترکیب و تراکم پوشش گیاهی داشته و مراحل مختلف توالی را تقویت می‌بخشند (کیاسری و همکاران، 2011).

خاک غنی‌ترین و متنوع ترین جامعه زنده هر زیست‌بوم را در خود جای داده است. این جامعه زنده طیف وسیعی از موجودات اعم از ماکروفون‌ها، مزوفون‌ها، میکروفون‌ها و میکروفلور را در بر می‌گیرد (باریوس، 2007). مزوفون به گروهی از موجودات خاکزی اطلاق می‌شود که اندازه طول بدن آن‌ها از نیم تا دو میلی‌متر می-باشد (بریوالت و همکاران، 2007). مطالعات اندکی در مورد تنوع جمعیت بندپایان خاک سوزنی و پهن‌برگان صورت گرفته است. سنجی و همکاران (1396) در مطالعات خود نتیجه گرفتند که جمعیت کرم خاکی و نماتدها در خاک درختان پهن‌برگ بیش‌تر از سوزنی‌برگ-ها می‌باشد. هم‌چنین مصلحی و نظری (1391) در تحقیق خود نشان دادند که کرم‌های خاکی در جنگل‌های سوزنی-برگ به دلیل اسیدی بودن خاک دارای جمعیت پایینی هستند. اسمیت و همکاران (2008) در مطالعه خود تعداد کل کرم‌های خاکی را در جنگل‌های پهن‌برگ بیش‌تر از جنگل‌های سوزنی‌برگ به دست آوردند. هم‌چنین جانگ و همکاران (2012) در مطالعه خود نتیجه گرفتند که تعداد نماتدها در توده مخلوط پهن برگ‌ها و سوزنی برگ‌ها به دلیل حاصلخیزی خاک و مواد غذایی بیش‌تر است؛ و در مطالعه آن‌ها جمعیت نماتدها در خاک درختان توس بیش‌تر از از خاک درختان کاج بود.

مطالعه‌ی تراکم و ساختار جمعیت جانوران خاکزی از این جهت از اهمیت بالایی برخوردار است که هرچه تنوع گونه‌ای بیش‌تر باشد زنجیره‌های غذایی طولانی‌تر خواهند بود و شبکه‌های حیاتی پیچیده‌تری در زیست‌بوم ایجاد می‌شود (فروز و جیلکوآ، 2008). از آن‌جا که نقش مزوفون خاک در ایجاد تغییرات خاک و تجزیه بسیار مهم است در این تحقیق به بررسی تنوع زیستی و تغییرات جمعیت بندپایان مزوفون خاک سوزنی‌برگان پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این مطالعه، سوزنی‌برگان موجود در دانشگاه ایلام انتخاب شدند. در انجام این تحقیق ابتدا سوزنی‌برگان موجود در دانشگاه ایلام که شامل درختان سرو و درختان کاج بودند شناسایی شدند؛ سپس به مدت یک سال (مهر 1397 تا شهریور 1398) و به صورت ماهیانه، 12 نمونه خاک با سطح مقطع 314 سانتی‌متر مربع و به عمق 10 سانتی‌متر برداشت شد که در دو عمق (خاکبرگ 5-0 سانتی‌متر و عمق 10-5 سانتی‌متر)، و برای هر عمق و هر درخت سه تکرار و در چهار فصل انجام گرفت و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. جداسازی گروه بی‌مهرگان خاکزی نیز توسط قیف برلیز صورت گرفت. نمونه‌ها به مدت 48 ساعت در قیف برلیز دارای لامپ 40 وات که فاصله لامپ از سطح خاک حدود 25 سانتی‌متری بود قرار داده شدند. کلیه موجودات جداسازی شده پس از شمارش در اتانول 70% نگهداری شدند. کنه-ها و پادمان‌های استخراج شده توسط قیف پس از جداسازی، جهت شفاف‌سازی به محلول نسبیت و لاکتوفنول منتقل شدند. پس از شفاف سازی از نمونه‌ها اسلاید میکروسکوپی در چسب هویر(میراب بالو و چن، 2010) تهیه گردید و با استفاده از منابع موجود و ارسال به متخصصان، نسبت به شناسایی آن‌ها اقدام گردید(جانسون و تری پلهورن، 2004: کرانتز و والتر، 2009). مقایسات میانگین تغییرات جمعیت بندپایان مزوفون خاک سوزنی‌برگان با استفاده از تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمون دانکن در سطح پنج

درصد صورت پذیرفت. نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از آزمون شاپیرو – ویلک (Shapiro – Wilk) بررسی شد و به دلیل نرمال بودن داده‌ها، از تبدیل داده استفاده نشد. هم‌چنین به منظور اندازه‌گیری تنوع زیستی بندپایان مزوفون خاک سوزنی‌برگان از شاخص‌های معتبر زیستی استفاده گردید.

الف) شاخص تنوع گونه‌ای شانون–وینر: این شاخص از رابطه‌ی 1 محاسبه می‌شود که در آن: 'H: تابع شانون–وینر، S: تعداد گونه‌ها و Pi: نسبت یا وفور گونه‌ی iام که بر حسب نسبتی از کل افراد می‌باشد (شانون و وینر، 1949).

رابطه‌ی 1: $H' = -\sum_{i=1}^{s} Pi\ Ln\ Pi$

ب) شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون: این شاخص از رابطه‌ی 2 محاسبه می‌شود (سیمپسون، 1949) که در آن 1-D: شاخص تنوع سیمپسون Pi: نسبت افراد گونه‌ی iام در جامعه

رابطه‌ی 2: $1 - D = 1 \sum_{i=1}^{s} (Pi)^2$

ج) شاخص غنای مارگالف: این شاخص از رابطه 3 محاسبه می‌شود که در آن S تعداد گونه‌ها و N فراوانی تمام گونه‌ها می‌باشد (مارگالف، 1958).

رابطه‌ی 3: $D_{Mg} = \frac{S-1}{LnN}$

د) شاخص یکنواختی پیلو: شاخص یکنواختی نحوه‌ی پراکنش و توزیع جمعیت افراد گونه‌ها را نشان می‌دهد. هرچه توزیع گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد(تعداد افراد یا وفور گونه‌ها یکسان باشد) میزان پایداری و ثبات بیشتر بوده، در نتیجه تنوع زیستی نیز بیشتر خواهد بود. در این تحقیق برای بررسی شاخص یکنواختی از توابع یکنواختی پیلو (رابطه‌ی 4) استفاده شد (مگوران، 1988):

رابطه‌ی 4: $J = \frac{H}{\ln S}$

که در آن S: تعداد گونه و H: شاخص تنوع شانون - وینر می‌باشد.

از نرم افزارPAST جهت محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی (غنای گونه‌ای مارگالف، تنوع گونه‌ای سیمپسون و شانون – وینر و هم‌چنین شاخص یکنواختی پیلو) مورد استفاده قرار گرفت (هامر و همکاران، 2001). هم‌چنین از نرم افزار SPSS 23 جهت انجام آنالیزهای آماری و از نرم‌افزار Excel 2007 نیز جهت رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج

در این پژوهش در مجموع 9 گونه متعلق به 7 خانواده‌ی مختلف از پادمان و کنه‌ها جمع‌آوری و شمارش گردید (جدول 1) که از بین آنها 5 گونه متعلق به کنه‌ها بوده و 4 گونه نیز از پادمان می‌باشند.

جدول 1- گونه‌های شناسایی شده در مزوفون خاک درختان سوزنی‌برگ (کاج و سرو)، ایلام

Table 1- Mesofauna species identified in soil under conifers (pine and cypress), Ilam

Order راسته	Family خانواده	Species گونه
Acari	Ascidae	*Arctoseius cetratus* (Sellnick, 1940)
-	Laelapidae	*Gaeolaelaps asperatus* (Berlese, 1904)
-	Laelapidae	*Haemolaelaps casalis* (Berlese, 1887)
-	Macrochelidae	*Macrocheles glaber* (Müller, 1860)
-	Pachylaelapidae	*Onchodellus karawaiewi* (Berlese, 1920)
Collembola	Entomobryidae	*Pseudosinella octopunctata* Börner, 1901
-	Hypogastruridae	*Ceratophysella denticulata* (Bagnall, 1941)
-	Isotomidae	*Folsomides marchicus* (Frenzel, 1941)
-	Isotomidae	*Folsomia binoculata* (Wahlgren, 1899)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر لایه‌های خاک و فصول مختلف در زیر درختان سرو و کاج معنی‌دار می‌باشد، اما اثر متقابل این دو برای تراکم جمعیت بندپایان مزوفون خاک اختلاف معنی‌داری نداشت (جداول 2 و 3). تغییرات فصلی تراکم جمعیت بندپایان مزوفون خاک در ارتباط با هر یک از لایه‌های خاک بر اساس مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین مقدار تراکم جمعیت بندپایان در خاک درختان سرو مربوط به لایه خاکبرگ (5–0 سانتی‌متری) در فصل پاییز و کم‌ترین میزان تراکم مربوط به لایه (10-5 سانتی‌متری) در فصل تابستان می‌باشد. هم‌چنین در لایه خاکبرگ، مقدار تراکم در بین فصول بهار و تابستان معنی‌دار نبود اما در لایه 10–5 سانتی‌متری مقدار تراکم در بین فصول پاییز و بهار برای درختان سرو معنی‌دار نبود (جدول 4). هم‌چنین با توجه به جدول مقایسه میانگین، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار تراکم جمعیت بندپایان، در خاک درختان کاج مربوط به لایه (10-5 سانتی‌متری) و به ترتیب مربوط به فصل پاییز و بهار مشاهده شد. با توجه به مقدار تراکم، در لایه‌های خاکبرگ و سطحی بین فصول بهار و تابستان برای درختان کاج معنی‌دار نبود (جدول 4).

جدول 2- تجزیه واریانس سالیانه تراکم جمعیت مزوفون خاک درختان سرو
Table 2- Annual variance analysis of soil mesofauna densities of cypress trees

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	F	P
لایه‌های خاک Soil layers	1	5881/56	4/62	0/000 **
فصول Seasons	3	9808/27	7/71	0/000 **
اثر متقابل لایه‌های خاک و فصول Soil layers × seasons	3	2107/10	1/65	0/17 ns
خطا Error	424	1271/78		

ns= غیرمعنی‌دار *= معنی‌دار در سطح 5 درصد **= معنی‌دار در سطح 1 درصد

جدول 3- تجزیه واریانس سالیانه تراکم جمعیت مزوفون خاک درختان کاج
Table 3- Annual variance analysis of soil mesofauna densities of pine trees

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	F	P
لایه‌های خاک Soil layers	1	219/593	10/055	0/000 **
فصول Seasons	3	183/451	8/400	0/000 **
اثر متقابل لایه‌های خاک و فصول Soil layers × seasons	3	45/599	2/088	0/10 ns
خطا Error	424	21/840		

ns= غیرمعنی‌دار *= معنی‌دار در سطح 5 درصد **= معنی‌دار در سطح 1 درصد

جدول 4- مقایسه میانگین سالیانه تراکم جمعیت بندپایان مزوفون خاک درختان سرو و کاج
Table 4- Comparison of annual average density of soil mesofauna population under cypress and pine trees

	سرو (cypress trees)		کاج (pine trees)	
	خاکبرگ (0-5 سانتی‌متر) Depth, 0-5 cm	(5-10 سانتی‌متر) Depth, 5-10 cm	خاکبرگ (0-5 سانتی‌متر) Depth, 0-5 cm	(5-10 سانتی‌متر) Depth, 5-10 cm
پاییز Autumn	26/50±8/22a	7/57±1/93ab	1/94±0/51a	4/31±1/26a
زمستان Winter	24/19±8/74ab	14/54±6/04a	2/17±0/55ab	2/06±0/81ab
بهار Spring	2/52±1/18b	2/39±1/60ab	0/72±0/14b	0/63±0/14b
تابستان Summer	1/56±0/35b	0/74±0/15b	0/70±0/15b	0/89±0/13b

حروف کوچک نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد.

نتایج بدست آمده در طول یک سال، نشان دهنده آن است که مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی در فصول گرم نسبت به فصول سرد بیش‌تر می‌باشد. شاخص غنای گونه‌ای مارگالف به تفکیک فصول و مناطق نمونه‌برداری (درختان سرو و کاج) بیانگر بیش‌ترین غنای گونه‌ای با مقدار عددی 11/68 در درختان کاج و فصل پاییز و کم-ترین مقدار غنای گونه‌ای با مقدار عددی 7/89 در درختان سرو و فصل بهار مشاهده شد (جدول 5). هم‌چنین بیش-ترین تنوع گونه‌ای بر اساس شاخص‌های شانون – وینر و سیمپسون به تفکیک فصول و مناطق نمونه‌برداری

(درختان سرو و کاج) به ترتیب با مقادیر عددی 3/77 و 0/97 مربوط به درختان کاج و فصل تابستان و کم‌ترین مقدار این شاخص‌ها به ترتیب با مقدار عددی 2/44 و 0/83 مربوط به درختان سرو و فصل بهار به دست آمد (جدول 5). مقدار عددی شاخص یکنواختی پیلو نشان داد که بیش‌ترین مقدار این شاخص به تفکیک فصول و مناطق نمونه‌برداری با مقدار عددی 0/97 مربوط به درختان کاج و فصل تابستان و کم‌ترین مقدار یکنواختی پیلو با مقدار عددی 0/64 مربوط به درختان سرو و فصل بهار مشاهده شد (جدول 5).

جدول 5- شاخص‌های تنوع زیستی بندپایان مزوفون خاک درختان سرو و کاج

Table 5- Biodiversity indices of soil mesofauna population under cypress and pine trees

کاج (pine trees)				سرو (cypress trees)				
Pielou evenness	Margalef	Simpson	Shannon H'	Pielou evenness	Margalef	Simpson	Shannon H'	Season
0/82 b	11/68 a	0/94 ab	3/46 a	0/74 b	8/91 b	0/93 ab	3/12 ab	پاییز Autumn
0/83 b	9/94 c	0/94 ab	3/31 a	0/69 b	8/37 b	0/92 ab	2/87 b	زمستان Winter
0/96 a	10/26 b	0/96 a	3/64 a	0/64 b	7/89 c	0/83 b	2/44 bc	بهار Spring
0/97 a	10/78 ab	0/97 a	3/77 a	0/91 a	10/79 a	0/96 a	3/61 a	تابستان Summer

حروف کوچک نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد.

بحث

انجام این تحقیق نشان داد که میزان بارندگی فصول مختلف سال بر تراکم جمعیت بندپایان مزوفون خاک تأثیر دارد و خشکی تابستان، کاهش تراکم بندپایان خاک را در بر دارد (استایلی و همکاران، 2007).

شاخص غنای گونه‌ای مارگالف نشان دهنده تعداد گونه‌های موجود در یک جامعه بوده و ساده ترین مفهوم زیستی را بیان می‌کند. این شاخص مناسب بودن زیستگاه را برای گونه‌های مختلف بیان می‌کند. مقدار عددی این شاخص در شرایط نامساعد زیستی و یا استرس‌های محیطی کاهش می‌یابد و با افزایش تعداد گونه و تراکم هرگونه افزایش می‌یابد (گامیتو، 2010). در این مطالعه بیش‌ترین غنای گونه‌ای مربوط به درختان کاج و فصل پاییز بود که علت آن شرایط محیطی مناسب از جمله دمای مساعد خاک در این فصل است.

محدوده تغییرات شاخص تنوع شانون – وینر از صفر تا پنج و به طور معمول بین 1/5 تا 3/5 قرار دارد. مقادیر کم‌تر از این محدوده بیانگر وجود تنش در محیط و عدم پایداری و مقادیر بیش‌تر از آن بیانگر فزونی تنوع زیست در منطقه است (اجمل خان، 2004). در این مطالعه میزان هر دو شاخص تنوع شانون – وینر و شاخص سیمپسون در هر چهار فصل نمونه برداری و در دو منطقه (درختان سرو و کاج) مورد مطالعه اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده‌ی تنوع گونه‌ای مطلوب در درختان کاج و فصل تابستان بود. زیرا، در شرایط تحقیق حاضر حتی اگر افراد گونه‌ها دارای توزیع کاملاً یکسانی بودند میزان شاخص تنوع سیمپسون حداکثر برابر یک و شاخص شانون – وینر به 4 نزدیک می‌شد که در حال حاضر نیز این دو شاخص با مقدار 0/97 و 3/76 در درختان کاج به این اعداد نزدیک هستند. البته مقدار شاخص تنوع شانون – وینر از نظر تئوری می تواند به مقادیر بسیار زیادی برسد ولی در عمل از 4/5 تجاوز نمی کند. هم‌چنین بیش-ترین مقدار شاخص یکنواختی پیلو مربوط به خاک درختان کاج و در فصل تابستان بود که نشان دهنده میزان پایداری و ثبات بیش‌تر بندپایان مزوفون خاک در این منطقه می‌باشد.

تعداد گروه بی مهرگان خاکزی که در هریک از لایه‌های خاک حضور دارند، نشانگر تنوع بی مهرگان است. تنوع در لایه‌های خاکبرگ بیش‌تر از لایه‌های پایین-تر است. این لایه دارای موادآلی بیش‌تر و محیط مساعدتری است. تخریب لایه سطحی خاک جنگل باعث از بین رفتن تنوع بی‌مهرگان خاکزی شده که این کار باعث برهم زدن تعادل زیست‌بوم جنگل می‌شود. هم‌چنین با توجه به نتایج شاخص‌های تنوع زیستی، که بیش‌ترین مقدار در خاک درختان کاج محاسبه شد می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از درختان کاج نسبت به درختان سرو در سیستم جنگلکاری مناسب‌تر باشد. هم‌چنین برای

تکمیل نتایج، پیشنهاد می‌شود که تحقیق را در مساحت بزرگتر و با شرایط آب و هوایی مختلف انجام شود.

نتیجه گیری

تنوع زیستی و فراوانی بندپایان در زمان‌ها و موقعیت‌های متفاوت می‌توانند مثل یک شاخص برای پایش محیط زیست عمل کنند. با توجه به اینکه مطالعه مشابه‌ای در این زمینه انجام نشده که بتوان نتایج این تحقیق را با آن‌ها مقایسه کرد اما با توجه به اینکه بندپایانی مثل کنه‌ها و پادمان‌ها را به عنوان شاخص‌های زیستی در زیست‌بوم‌ها می‌دانند می‌توان نتیجه گرفت که بین دو پوشش گیاهی کاج و سرو از لحاظ تعداد و مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی تفاوت وجود دارد. به‌طوری که مقادیر شاخص‌های تنوع شانون – وینر، تنوع سیمپسون، غنای مارگالف و شاخص یکنواختی پیلو در خاک درختان کاج در تمام فصول مختلف سال بیش‌تر از خاک درختان سرو بود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از جناب آقای دکتر امید جوهرچی و خانم دکتر معصومه شایان‌مهر بخاطر شناسایی نمونه‌ها، و از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ایلام به خاطر فراهم نمودن امکانات لازم برای این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد. این مقاله بخشی از طرح پژوهشی دانشگاه ایلام می‌باشد.

فهرست منابع:

1. Ajmal khan, S., 2004. *Methodology for Assessing Biodiversity, Annamalai University*. Centre of Advanced Study in Marine Biology. 12 p.
2. Balla, S.A. and Davis, J.A., 1995. Seasonal variation in the macroinvertebrate fauna of wetlands of differing water regime and nutrient status on the Swan Coastal plain, Western Australia. Hydrobiologia. 299(2): 147–161.
3. Barrios, E., 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. Ecological Economics. 64: 269–285.
4. Bond, E.M. and Chase, J.M., 2002. Biodiversity and ecosystem functioning at local and regional spatial scales. Ecology Letters. 5: 467–470.
5. Brevault, T., Bikay, S., Maldes, J.M. and Naudin, K., 2007. Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system. Soil & Tillage Research. 97: 140–149.
6. Frouz, J. and Jilkova, V., 2008. The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae). Myrmecological News. 11: 191–199.
7. Gamito, S., 2010. Caution is needed when applying Margalef diversity index. Ecological Indicators. 10: 550–551.
8. Hammer, O., Harper, D.A.T. and Ryan, P.D., 2001. PAST - *PAlaeontological STatistics*. Chapman & Hall. 31 p.
9. Johnson, N. F., and Triplehorn, C. A., 2004. *Borror and Delong,s introduction to the study of insects*. Thomson Press, Califofornia.
10. Kiasari, S.H.M., SaghebTalebi, K.H., Rahmani, R. and Amoozad, M., 2011. Invertebrates diversity at natural and planted forests in sari region (in the depth of 0-10 cm of soil). Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources. 6(2): 55–69. (In Persian).
11. Krantz, G. W., and Walter, D. E., 2009. *A Manual of Acarology*. Third Edition, Texas Technology University Press, Texas, USA. 807 p.
12. Krebs, C.J., 2001. *Ecology, The experimental analysis of distribution and abundance*. 5th ed. Benjamin Cummings, Menlo Park. 801p.
13. Lamb, E.G., Bayne, E., Holloway, G., Schieck, J., Boutin, S., Herbers, J. and Haughland, D. L, 2009. Indices for monitoring biodiversity change: Are some more effective than others?. Ecological Indicators. 9: 432–444.
14. Magurran, A.E., 1988. *Ecological diversity and its measurement*, First ed., Princeton University Press, New Jersey. 179 p.
15. Margalef, M., 1958. Information theory in ecology. General Systematics. 3: 36–71.

16. Mirab-balou, M., and Chen, X.X., 2010. A new method for preparing and mounting thrips for microscopic examination. Journal of Environmental Entomology. 32(1): 115–121
17. Moslehi, M., and Nazari, J., 2012. Relations between earthworms and trees and its effects on forest soils. Human and Environmental. 20(1): 108-113. (In Persian).
18. Sanji, R., Kooch. Y., and Tabari Kouchaksaraei, M., 2017. Comparison of fine root biomass, earthworms and nematodes populations in topsoil of natural forest and plantations. J. of water and soil conservation. 24(3): 219-234. (In Persian).
19. Shannon, C.E. and Weaner, A., 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. 350 pp.
20. Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. Nature. 12: 1–20.
21. Smith, R.G., McSwiney, C.P., Grandy, A.S., Suwanwaree, P., Snider, R.M., and Robertson, G.P., 2008. Diversity and abundance of earthworms across an agricultural land-use intensity gradient. Soil and Tillage Research. 100(1): 83-88.
22. Staley, J., Hodgson, C., Mortimer, S., Morecroft, M., Masters, G., Brown, V. and Taylor, M., 2007. Effect of summer rainfall manipulations on the abundance and vertical distribution of herbivorous soil macro invertebrates. European Journal of Soil Biology. 43(3): 189–198.
23. Zhang, M., Liang, W.J., and Zhang, X.K., 2012. Soil nematode abundance and diversity in different forest types at Changbai Mountain, China. Zoological Studies. 51(5): 619-626.

Abundance and biodiversity of soil mesofauna in different layers of conifers forest soils

M. Mirab-balou[1] and B. Miri

Associate Professor., Department of Plant Protection, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran; E-mail: m.mirabbalou@ilam.ac.ir

Ph.D. student of Entomology, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran; E-mail: behzadmiri664@gmail.com

Received: April, 2020 & Accepted: October, 2020

Abstract

In order to investigate the diversity and population fluctuations of soil mesofauna (Acari and Collembola) of conifers (cypress and pine trees) at Ilam province, Iran, soil samples monthly (0–5 and 5–10 cm) were collected during September 2018 to September 2019. The soil mesofauna were extracted using a Berlese funnel and they were counted and identified. The number of arthropods was compared in different soil layers and in different seasons of the year. The analysis of variance of data showed that soil layers and seasons had significant effect on the population densities of soil mesofauna in both cypress and pine trees ($P \leq 0.01$), but their interaction did not vary significantly. Based on the means comparisons, the highest and the lowest values of population density of soil mesofauna were belonged to cypress trees with values of 26.5±8.22 (at autumn) and 0.74±0.15 (at summer). In addition, based on the mean comparison, the highest and the lowest amount of population density of soil mesofauna in pine trees were 4.31±1.26 (at autumn) and 0.63±0.14 (at spring). Diversity of arthropods was calculated by using biodiversity indices. The results showed that the most diversity of species based on Shannon-Wiener and Simpson indices observed in seasons and sampling area (cypress and pine trees) with values of 3.77 and 0.97 for pine and summer time and the least diversity detected with 2.44 and 0.83 for cypress and spring time, respectively. Also, the highest amount of species richness of Margalef (11.68) related to the soil of pine trees in autumn season and lowest amount (7.89) related to the soil of cypress trees in spring season. The highest values of Pielou evenness index (0.97) related to soil of pine trees in summer time and lowest value (0.64) related to the soil of cypress trees in spring time. Generally, the calculated biodiversity indices in the soil of pine trees were higher than in the soil of cypress trees, which could be more widely used in the forestry system

Keywords: Cypress, Pine, Biodiversity indices, Mesofauna, Ilam.

[1.] Corresponding author: Department of Plant Protection, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran