فصلنامه علوم‌محیطی، دوره دوازدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳

۷۶-۶۷

ارزیابی تاثیر اقلیم و کاربری اراضی بر تنوع‌زیستی ماکروفون‌های خاک

قربانعلی رسام[۱*]، اصغر خوشنودیزدی[۱]، محمود قربانزاده[۱] و علیرضا دادخواه[۲]

[۱] استادیار گروه تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی شیروان، شیروان
[۲] دانشیار گروه تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی شیروان، شیروان

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۱

چکیده

ماکروفون‌های خاک از اجزای مهم تنوع‌زیستی زیستگاه‌ها به‌شمار می‌روند. این تحقیق به منظور بررسی تاثیر اقلیم و کاربری اراضی بر تنوع‌زیستی ماکروفون خاک در سال ۱۳۸۹ در استان خراسان شمالی انجام گرفت. تاثیر اقلیم با انتخاب دو منطقه شیروان با اقلیمی نیمه خشک و جاجرم با اقلیمی خشک اعمال گردید. در هر منطقه دو کاربری متفاوت شامل مراتع و اراضی کشاورزی در نظر گرفته شد. در واحدهای نمونه‌گیری ماکروفون‌های خاک به روش تله‌های چاله‌ای جمع‌آوری و به تفکیک خانواده شمارش شدند. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از آزمون t- استیودنت، آنالیز تشابه و تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام گرفت. نتایج نشان داد که در هر دو منطقه تفاوت کاربری اراضی تاثیر معنی‌داری برجای گذاشت به نحوی که غنای تاکسونومیک و شاخص تنوع شانون در اراضی مرتعی کمتر از اراضی کشاورزی بود. این کاهش به دو عامل پایین بودن تنوع گیاهی و فشار چرا نسبت داده شد. هم‌چنین ترکیب متفاوتی از ماکروفون‌ها در دو کاربری شکل گرفت. تاثیر اقلیم بر شاخص های تنوع و ترکیب ماکرفون ها محسوس بود به نحوی که شرایط اقلیمی مساعدتر در منطقه شیروان در قیاس با منطقه جاجرم با بهبود تنوع‌زیستی ماکروفون‌های خاک همراه شد.

کلمات کلیدی: شاخص تنوع شانون، کاربری اراضی، اقلیم، ماکروفون خاک.

Evaluation the Impact of Climate and Land Use on Soil Macrofauna Biodiversity

Ghorbanali Rassam,[1*] Asghar Khoshnood Yazdi,[1] Mahmoud Ghorbanzadeh[1] & Alireza Dadkhah[2]

[1] *Assistant Professor, Department of Plant Production, Shirvan Higher Education Complex, Shirvan*
[2] *Associate Professor, Department of Plant Production, Shirvan Higher Education Complex, Shirvan*

Abstract

Soil macrofauna is one of the important components of soil biodiversity. This research was conducted to study the effect of climate and land use on soil macrofauna biodiversity in Northern Khorasan in 2009. The impact of climate was considered with selection two regions including Shirvan, with semi-arid climate and Jajarm, with arid-climate. In each region, two land uses including rangeland and agricultural land were considered. In sample units, the macrofauna were collected with pitfall traps, sorted and counted in terms of family. The analysis of data were perfumed using of t-test, ANOVA and PCA. The results showed that land use had significant impact on diversity in both regions. So, the taxonomic richness and Shannon diversity index were lower in rangelands compared to agricultural lands. This was attributed to low plant diversity and pressure of livestock grazing in rangelands. Also different composition of macrofauna was formed in two land uses. Impact of climate on diversity and composition of macrofauna was too much, so the favorable climate in the Shirvan compared to Jajarm region led to its improvement of soil macrofauna biodiversity.

Keywords: Shannon diversity index, Land use, Macrofauna, Climate.

* Corresponding author. *E-mail Address*: rassammf@yahoo.com

۱- مقدمه

مجموعه‌ای از انواع موجودات در بستری از مواد آلی و معدنی بخش زنده خاک را تشکیل می‌دهند. در بسیاری از زیستگاه‌ها، خاک میزبان متنوع‌ترین بخش زیستی اکوسیستم می‌باشد [۱]. جامعه زنده خاک طیف گسترده‌ای از موجودات جانوری درشت، متوسط و ریز و هم‌چنین ریزگیاهان را در بر می‌گیرد که در ارتباطی پیوسته با یکدیگر شبکه غذایی پیچیده خاک را تشکیل می‌دهند. جامعه ماکروفون خاک متشکل از بی‌مهرگانی بوده که بخش مهمی از چرخه زندگی خود را در خاک یا درون پسماندهای سطحی می‌گذرانند [۲]. این بی‌مهرگان کارکردهای بوم‌شناختی متعددی را عرضه می‌نمایند. بهبود ساختمان خاک، تبادل گازها، تشکیل خاکدانه‌ها، نفوذپذیری و ماندگاری آب خاک، تجزیه اولیه و توزیع مجدد پسماندهای آلی در خاکرخ، چرخش عناصر غذایی، کنترل آفات و علف‌های هرز، تسهیل عمل گرده‌افشانی، بهبود رشد و عملکرد گیاه، تجزیه آلاینده‌ها، پراکنش بذر گیاهان به‌وسیله جامعه ماکروفون خاک موجب شده است تا در تنوع‌زیستی و اکولوژی خاک توجه زیادی را به خود معطوف نمایند [۳، ۴]. در سامانه‌های کشاورزی، ماکروفون‌های مفید گونه‌هایی را شامل می‌شوند که در افزایش عملکرد محصول و ثبات اکولوژیکی سامانه نقش دارند. گروه شکارگران (عنکبوتیان، سوسک‌های زمینی، سوسک‌های سرگردان و صدپایان) و ریزه‌خواران (کرم‌های خاکی و خرخاکی‌ها) به لحاظ فراوانی، تنوع و کارکردهای بوم‌شناختی از مهم‌ترین ماکروفون‌های مفید خاک به‌شمار می‌روند [۲].

نوع کاربری زمین و خصوصیات اقلیم از عمده ترین عوامل موثر بر تنوع زیستی ماکروفون‌های خاک به‌شمار می آیند [۵]. واکنش ماکروفون‌ها به این عوامل بسته به صفات آن‌ها شامل توان پراکنش، رژیم غذایی، نحوه زمستان گذرانی، سرعت زایش و طول عمر بسیار متفاوت است [۶]. به‌طور کلی نیروهای کنترل‌کننده جمعیت ماکروفون‌ها هم‌چون سایر اجزای شبکه غذایی خاک شامل شکارگری (نیروهای بالا به پایین) و فراهمی منابع غذایی (نیروهای پایین به بالا) می‌باشد [۷].

در زیستگاه‌های طبیعی مانند مراتع دو عامل شدت چرا و تنوع گیاهی تعیین کننده فراوانی و ترکیب ماکروفون‌های خاک به‌شمار می آیند. چرای شدید از یک طرف با تخریب نیچ‌های غذایی، فشردگی خاک و کاستن از تنوع گیاهی سبب کاهش کلی تنوع ماکروفون‌های خاک می شود ولی با اضافه شدن منابع غذایی شامل سرگین و لاشه ممکن است در جهت افزایش تنوع عمل نماید [۸].

بوم‌نظام‌های کشاورزی با ورود انواعی از نهاده‌ها در قالب سموم، کودها، ، آبیاری و نیز کاربرد ماشین‌های مختلف همراه هستند که به شکل‌گیری زیستگاهی متفاوت از مراتع طبیعی منجر می‌شود. اگرچه ورود برخی از این نهاده‌ها تاثیر منفی بر تنوع ماکروفون‌های خاک بر جای می‌گذارند ولی افزایش تولید و فراهمی منابع غذایی در کاربری کشاورزی می‌تواند از طریق اعمال نیروهای پایین به بالا به فراوانی جمعیت ماکرفون خاک بیانجامد [۷].

مطابق فرضیه پایداری اقلیمی با پایدار شدن شرایط اقلیمی به‌واسطه تداوم و ثبات منابع مورد نیاز بر امکان تخصصی شدن گونه‌ها افزوده می‌شود. تخصصی شدن گونه‌ها به منزله افزایش تنوع است. از سوی دیگر در شرایط مساعد اقلیمی انتظار می‌رود مقدار تولید گیاهان بوم‌نظام بیش‌تر باشد [۹]. پیامد این افزایش تولید، وسیع‌تر شدن قاعده هرم انرژی و در نتیجه جای‌گرفتن گونه‌های بیش‌تری در هرم است.

گام اساسی در درک کارکرد کلی اکوسیستم مستندسازی اثرات عوامل مختلف بر تنوع‌زیستی موجودات زنده اکوسیستم است. واکنش سریع بی‌مهرگان به تغییرات زیستگاه سبب شده است تا در قیاس با گیاهان شاخص‌های حساس‌تری برای ارزیابی اثرات محیطی قلم‌داد شوند [۱۰]. استفاده از شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای رایج‌ترین شیوه بیان تنوع‌زیستی موجودات زنده است. با این حال فهرست‌برداری در سطح گونه، به‌ویژه در مورد بی‌مهرگان نیازمند صرف زمان، هزینه زیاد و دسترسی به متخصصین رده‌بندی حرفه‌ای است [۱۱]. یکی از راهکارهایی که برای رفع این محدودیت پیشنهاد شده است مطالعه تاکسون‌های بالاتر از گونه (جنس، خانواده و راسته) می‌باشد [۱۲].

مطالعات متعددی در سطح جهان در باره تنوع ماکروفون خاک انجام شده است. با این وجود در ایران تعداد این نوع مطالعات کم‌شمار می‌باشد. بنابراین با توجه به اهمیت ماکروفون خاک در شکل‌گیری شبکه غذایی اکوسیستم و کمک به پایداری زیستگاه ها پژوهش حاضر با هدف ارزیابی واکنش ماکروفون خاک به نوع کاربری

اراضی و اقلیم در استان خراسان شمالی به انجام رسید. بخش اعظم پژوهش بر تنوع کارکردی یا ماکروفون‌های مهم اکولوژیکی شامل عنکبوتیان، سوسک‌زمینی، کرم‌های خاکی، خرخاکی‌ها، مورچه‌ها و سوسک‌های سرگین‌خوار متمرکز شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محل اجرای پژوهش

تحقیق در سال ۱۳۸۹ در استان خراسان شمالی به انجام رسید. میانگین بارندگی سالانه استان ۲۷۳/۳ میلی‌متر و میانگین دمای استان به ۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. به‌جز شهرستان جاجرم که بخش اعظم آن تحت پوشش اقلیم فراخشک قرار دارد در سایر شهرستان‌های استان کم‌وبیش اقلیم نیمه‌خشک حاکم است. بدین ترتیب برای بررسی تاثیر اقلیم بر تنوع‌زیستی، دو منطقه با فاصله اقلیمی نسبتا زیاد شامل شهرستان جاجرم و شهرستان شیروان انتخاب گردید. شهرستان جاجرم در جنوب‌غربی استان در عرض جغرافیائی ´۴۳ °۳۶ تا ´۰۲ °۳۷ و طول جغرافیائی ´۳۲ °۵۶ تا ´۳۰ °۵۶ واقع شده است. این شهرستان در ارتفاع متوسط ۹۵۰ متری از سطح دریا قرار دارد. میانگین بارندگی سالانه منطقه ۱۳۵ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که بر اساس طبقه‌بندی دومارتن در محدوده اقلیم خشک قرار می‌گیرد.

شهرستان شیروان در شرق استان با عرض جغرافیائی ´۲۸ °۳۷ تا ´۳۱ °۳۷ و طول جغرافیائی ´۳۴ °۵۷ تا ´۱۳ °۵۸ قرار گرفته است و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۴۲۰ متر می‌باشد. این منطقه با ۲۹۰ میلی‌متر بارندگی سالانه و متوسط دمای سالانه ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد مطابق طبقه‌بندی دومارتن از اقلیمی نیمه‌خشک برخوردار است.

۲-۲- واحدهای نمونه‌گیری

برای ارزیابی تاثیر کاربری اراضی دو کاربری کشاورزی و مرتع مورد مقایسه قرار گرفتند. در هر دو منطقه زیستگاه مرتعی بخشی از مراتع شهرستان را شامل می‌گردید که در پیرامون مزارع کشاورزی قرار داشتند. در حالی که مراتع شیروان به‌واسطه بارندگی زیادتر از وضعیت متوسطی برخوردارند مراتع جاجرم بسیار فقیر می‌باشند. در شیروان مراتع مورد تعلیف دام‌های اهالی که عمدتا گوسفند هستند قرار می‌گیرند. ورود دام مصادف با سبز شدن مراتع در اوایل بهار می‌باشد و چرا تا اوایل پاییز ادامه دارد. برآوردها نشان می‌دهد چرا در این مراتع با شدت متوسط انجام می‌شود. فقر پوشش گیاهی در مراتع جاجرم سبب شده است تا این مراتع به ندرت مورد تعلیف دام قرار گیرند. واحدهای نمونه‌گیری در سطح مراتع پلات‌هایی به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر بودند که به تعداد شش (شیروان) و چهار (جاجرم) عدد با فاصله متوسط ۱/۵ کیلومتر از یکدیگر مستقر گردید. مطابق مشاهدات میدانی واحدهای نمونه‌گیری در مکان هایی استقرار یافتند که بازتابی از خصوصیات مراتع شهرستان باشند.

مزارع گندم فراوان‌ترین زیستگاه کشاورزی بودند که در پیرامون مراتع قرار داشتند. هم‌چنین در فواصل مزارع گندم تعدادی محدودی مزارع یونجه نیز پراکنده بودند. بنابراین پایش در کاربری کشاورزی عمدتا در مزارع گندم (۱۲ و ۸ مزرعه گندم به ترتیب در شیروان و جاجرم) و در سطح کم‌تر در مزارع یونجه (۶ و ۴ مزرعه یونجه به ترتیب در شیروان و جاجرم) انجام گرفت. مساحت مزارع گندم در هر دو منطقه بین ۱/۵-۱ هکتار و مزارع یونجه کم‌تر از یک هکتار بود. هر مزرعه کشاورزی به‌عنوان یک واحد نمونه‌گیری (تکرار) در نظر گرفته شد.

۲-۳- نمونه‌گیری ماکروفون‌ها

برای نمونه‌گیری ماکروفون‌های خاک از روش تله‌های چاله‌ای استفاده گردید. تله‌ها عبارت از ظروف پلاستیکی سفید رنگ با قطر دهنه ۱۴ سانتی‌متر بودند که با ۱۵ میلی‌لیتر از محلول ۵۰ درصد اتیلن گلیکول به‌عنوان نگهدارنده پر شدند. در هر واحد نمونه‌گیری (مزرعه یا پلات) ترانسکتی متشکل از ۵ تله به فاصله ۵ متر از یکدیگر کار گذاشته شد. در مزارع گندم و یونجه برای حذف اثر حاشیه‌ای اولین تله از حاشیه مزرعه بین ۱۰ تا ۱۵ متر فاصله داشت. تله‌ها به مدت ۱۴ روز از ۲۳ اردیبهشت تا ۴ خرداد ماده ۱۳۸۸ رها شدند. بعد از گذشت ۱۴ روز تله‌ها از خاک خارج و ماکروفون‌های جمع‌آوری شده بر اساس خانواده تفکیک و شمارش شدند. از آنجا که برخی از تله‌های داخل مزارع در اثر ورود آب آبیاری و در مرتع نیز در اثر حرکت دام از بین رفته بودند تعداد تله‌ها به ۳ عدد برای هر واحد نمونه‌گیری کاهش یافت. داده‌های

به‌دست آمده برای سه تله داخل هر واحد نمونه‌گیری به تفکیک خانواده‌ها با یکدیگر جمع گردید. در هر واحد نمونه‌گیری غنای خانواده (غنای تاکسونومیک)، شاخص تنوع شانون و فراوانی کل محاسبه شد. تعداد خانواده‌های ثبت شده در هر واحد نمونه‌گیری معادل غنای تاکسونومیک منظور گردید. برای محاسبه شاخص تنوع شانون (H) از رابطه زیر استفاده گردید:

$$H = \sum_{i=1}^{s} \left(\frac{n_i}{N} \right) \left(Log_2 \frac{n_i}{N} \right)$$

که در آن N: تعداد کل افراد در واحد نمونه‌گیری و n_i: تعداد افراد خانواده i ام در واحد نمونه‌گیری است. فراوانی کل ماکروفون‌ها در هر واحد نمونه‌گیری نیز با جمع زدن کل افراد جمع‌آوری شده از سه تله مستقر شده در هر واحد تعیین شد.

۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری

در هر منطقه تاثیر کاربری اراضی با استفاده از آزمون t- استیودنت ارزیابی شد. در این آزمون کاربری به‌عنوان تیمار و واحدهای نمونه‌گیری (مزارع و پلات‌ها) به منزله تکرارهای هر تیمار بشمار می‌روند. در صورت نامساوی بودن واریانس‌ها از روش کوکران و کوکس برای محاسبه آماره t استفاده گردید.

برای تعیین رابطه بین تیمارها و جامعه ماکروفون از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی[۱] (PCA) استفاده گردید. از آنجا که امکان آزمون مستقیم نتایج PCA به لحاظ آماری فراهم نیست؛ بنابراین با توجه به ماهیت داده‌ها برای تعیین وجود اختلاف در ترکیب جامعه ماکروفون‌ها بین دو کاربری از آنالیز تشابه[۲] (ANOSIM) استفاده شد. آنالیز تشابه در حقیقت یک نوع آنالیز تک عاملی واریانس بر پایه داده‌های چند متغیره است [۱۳]. در ANOSIM تشابه داخل گروهی نسبت به تشابه بین‌گروهی بر اساس ضریب عدم تشابه بری-کورتیس[۳] مقایسه و آماره‌ای بنام R محاسبه می شود. مقدار R بین ۰ تا ۱ متغیر است. R= ۱ نشان می‌دهد که شباهت تمام نمونه‌های (تکرارهای) داخل یک گروه به یکدیگر بیش از شباهت آن‌ها با نمونه‌های سایر گروه‌ها است و R مساوی صفر نشان از عدم وجود اختلاف در ترکیب جامعه ماکروفون بین گروه‌های مورد بررسی می‌باشد. معنی‌داری R براساس نمونه‌های تبدیل تصادفی (با ۱۰۰۰ تبدیل) تعیین می‌شود [۱۳].

تاثیر اقلیم بر غنای تاکسونومیک، فراوانی کل ماکروفون‌ها و شاخص تنوع شانون با استفاده از تجزیه واریانس آشیانه‌ای و مقایسه دو منطقه انجام گرفت. در این نوع تجزیه واریانس مزارع کشاورزی و پلات‌های مرتعی به‌عنوان تکرارهایی هستند که در داخل هرکاربری آشیان نموده‌اند و کاربری‌ها نیز به منزله تکرارهای آشیان کرده در داخل منطقه به‌شمار می‌روند. برای آزمون معنی‌داری اثر منطقه بر متغیرها از واریانس کاربری داخل منطقه استفاده می‌شود. با استفاده از روش‌های چندمتغیره ترکیب جامعه ماکروفون بین دو منطقه در سه سطح شامل مجموع سه زیستگاه، زیستگاه مرتعی و زیستگاه کشاورزی مقایسه شد.

در همه آنالیزهای آماری به سبب تشابه کارکردی و تفسیر بهتر نتایج، دو خانواده جمع‌آوری شده عنکبوت‌ها به‌عنوان یک گروه واحد با عنوان عنکبوتیان در آنالیزها وارد شدند. افزون بر این قبل از آنالیزهای چند متغیره PCA و ANOSIM خانواده‌هایی با فراوانی کم‌تر از یک درصد (خانواده اتفاقی) در مجموعه داده‌ها از آنالیز حذف شدند؛ چون خانواده‌های اتفاقی و نادر به‌طور غیرآماری چنین آنالیزهایی را تحت تاثیر قرار می‌دهند [۱۴]. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف تعیین و هر جا نیاز بود از تبدیل لگاریتمی در پایه ۱۰ برای نرمال‌سازی داده‌ها و تحقق فرضیات آزمون پارامتری استفاده گردید. برای انجام آنالیز تقابل و تجزیه واریانس آشیانه‌ای از نرم‌افزار SAS رویه GLM و انجام DCA، PCA و ANOSIM از نرم‌افزار CANOCO و افزونه‌های آن استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

در منطقه شیروان در مجموع ۸۶۱۱ ماکروفون متعلق به ۲۵ خانواده از سطح مراتع و اراضی کشاورزی مورد مطالعه جمع‌آوری شد. مرسوم‌ترین خانواده‌ها به ترتیب شامل مورچه، عنکبوت‌گرگی، سوسک‌زمینی، عنکبوت‌زمینی و سوسک‌سیاه بودند که ۷۵/۴۶ درصد از کل افراد جمع‌آوری شده را تشکیل دادند. طی پیمایش در منطقه جاجرم نیز ۶۸۳۳ ماکروفون متعلق به ۱۵ خانواده از مناطق تحت مطالعه جمع‌آوری گردید. مورچه، عنکبوت‌گرگی و عنکبوت‌زمینی فراوان‌ترین خانواده‌ها را با ۷۷/۲۷ درصد از کل افراد جمع‌آوری شده تشکیل دادند.

۳-۱- تاثیر کاربری اراضی

انجام آزمون t- استیودنت نشان داد کـه در هـر دو منطقـه غنای تاکسونومیک، شاخص شانون و متوسط فراوانی کل در کاربری مرتع نسبت به کاربری کشاورزی از نظـر آمـاری کاهش معنی‌داری پیدا نموده است (جدول ۱).

جدول۱- تاثیر کاربری اراضی بر غنای تاکسونومیک، شاخص شانون و فراوانی ماکروفون‌های مفید خاک در دو منطقه شیروان و جاجرم.

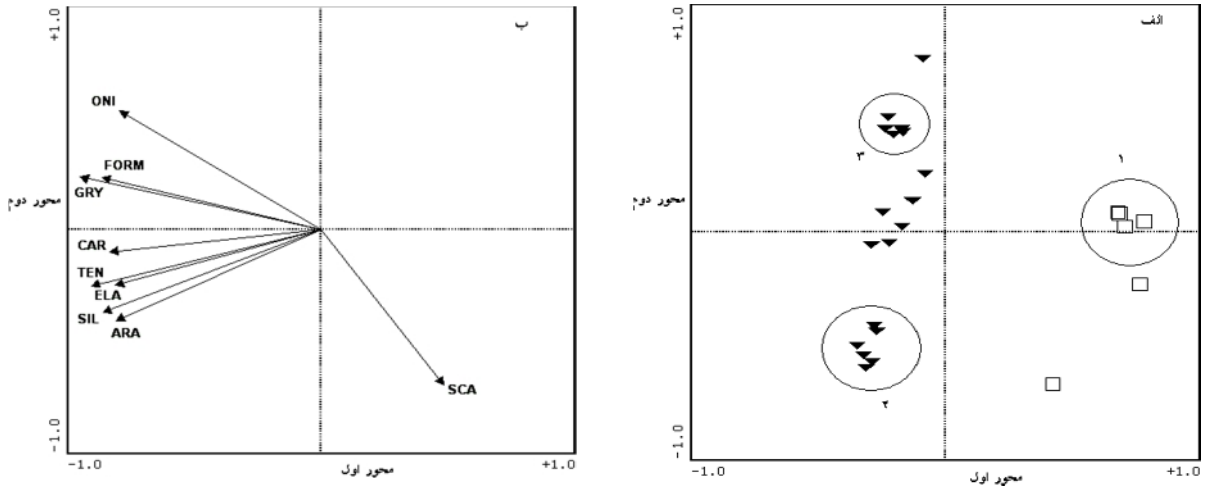
متغیر	کاربری در منطقه				آزمون t برای تاثیر کاربری	
	شیروان		جاجرم		شیروان	جاجرم
	مرتع	کشاورزی	مرتع	کشاورزی		
غنای تاکسونومیک	۱۰/۵	۱۳/۵۶	۸/۲۵	۱۰/۳۳	**	**
شاخص شانون	۱/۶۷	۱/۹۶	۱/۳۶	۱/۵۹	**	**
فراوانی	۱۳۶/۳۳	۴۳۲/۹۴	۲۰۴	۵۳۵/۸۳	**	**
عنکبوتیان (Araneae)	۲۱	۸۷/۹	۳۸	۱۷۹	**	**
سوسک زمینی (Carabidae)	۱۰	۶۱/۷	۲/۲۵	۳۱/۴	**	**
مورچه (Formicidae)	۶۰/۳	۱۵۲	۱۱۷	۲۱۷	**	*
سوسک سرگین‌خوار(Scarabaeidae)	۱۸/۵	۹/۱۷	۱۸/۵	۷/۰۸	**	*
کرم خاکی (Lumbricidae)	۰/۱۷	۱/۹۴	-	-	*	-
خرخاکی (Oniscoidea)	۱/۸۳	۲۶/۴	-	-	**	-

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

در سطح خانواده‌هـای مفیـد نیـز اراضـی کشـاورزی سـبب افـزایش معنـی‌دار در فراوانـی عنکبوتیـان، سوسک‌زمینی، مورچه، کرم خاکی و خرخاکی در قیـاس بـا اراضی مرتعـی گردیـد (جـدول ۱). بـا ایـن حـال متوسـط فراوانـی سوسـک سـرگین‌خـوار در مراتـع بـیش از اراضـی کشاورزی بود (جدول ۱). در منطقه جـاجرم کـرم‌خـاکی و خرخاکی در هیچ‌یک از کاربری‌ها یافت نشدند.

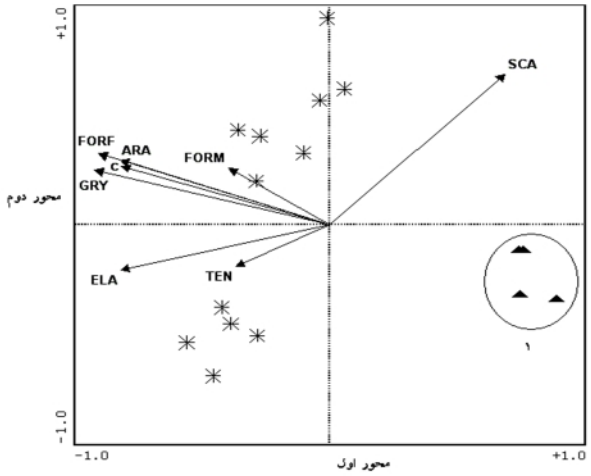
آنـالیز تشـابه حـاکی از تفـاوت در ترکیـب جامعـه ماکروفون دو کاربری در هر دو منطقـه شـیروان (R=۰/۹۸، P=۰/۰۰۰۱) و جاجرم (R=۰/۸، P=۰/۰۰۰۷) بود. به واسطه این تفاوت، بکارگیری PCA باعـث جداسـازی پـلات‌هـای مرتعی از مزارع کشاورزی شد (شکل ۱-الف و ۲).

در منطقه شیروان محور اول و دوم PCA بـه ترتیـب ۷۳/۱ و ۱۲/۸ درصـد و در مجمـوع ۸۵/۹ درصـد از کـل تغییرات را در داده‌های خـانواده را تشـریح نمودنـد. چهـار پلات مرتعی واقع در بخش فوقانی محور دوم تقریبا به‌طـور کامل با یکدیگر هم‌پوشانی داشتند (ناحیه ۱ شکل ۱-الـف) که نشان از ترکیب بسیار مشـابه جامعـه مـاکروفون آن‌هـا دارد. مزارع کشـاورزی در طـول محـور اول و بـه خصـوص محور دوم از بالا به پایین توزیع گردیدند که در دو نقطه از این محور هم‌پوشانی‌هایی بین آن‌ها دیده شد (ناحیـه ۲ و۳ شکل ۱-الف). توزیع ۱۲ گروه ماکروفون در فضای دوبعدی نمودار PCA مبیّن وجود برخی ارتباط‌ها بـین آن‌هـا و نـوع کاربری اراضی بود (شکل ۱-ب) به‌نحوی که به‌جز سوسـک سرگین‌خوار که با زیستگاه مرتعی در ارتباط می‌باشد سـایر ماکروفون‌ها اراضی کشاورزی را ترجیح داده‌اند.



شکل ۱- نمودار رسته‌بندی PCA واحدهای نمونه‌گیری (الف) و روابط جامعه ماکروفون‌ها با این واحدها (ب) در دو کاربری کشاورزی و مرتعی شیروان. ▼: ۱۸مزرعه کشاورزی و □: ۶ پلات مرتعی.
ARA: Araneae, CAR: Carabidae, ELA: Elateridae, FORM: Formicidae, GRY: Gryllidae,
ONI: Oniscoidea, SCA: Scarabaeidae, SIL: Silphidae, TEN: Tenebrionidae

محور اول و دوم PCA به ترتیب ۶۷/۹ و ۱۶/۲درصد و در مجموع ۸۴/۱درصد از کل تغییرات داده‌های خانواده را در منطقه جاجرم تشریح نمودند. پلات‌های مرتعی در سمت راست محور اول PCA با فاصله بسیاری اندک از یکدیگر قرار داشتند (ناحیه۱ در شکل ۲). مزارع کشاورزی به‌استثنای یک مزرعه در سمت چپ محور اول و دو طرف محور دوم PCA پراکنده شدند. به‌جز خانواده سوسک سرگین‌خوار که از ارتباط قوی‌تری با زیستگاه مرتعی برخوردار بودند نزدیکی سایر خانواده‌ها به واحدهای کشاورزی بیش از پلات‌های مرتعی است.



شکل ۲ – نمودار PCA ترکیب خانواده‌های ماکروفون خاک و توزیع واحدهای نمونه‌گیری در کاربری‌های کشاورزی و مرتعی جاجرم*:
۱۲مزرعه کشاورزی و ▲: ۴ پلات مرتعی را نشان می‌دهند.
ARA: Araneae, C: Carabidae, ELA: Elateridae, FORM: Formicidae, GRY: Gryllidae,
SCA: Scarabaeidae, TEN: Tenebrionidae, FORF: Forficulidae.

۳-۲- تاثیر اقلیم

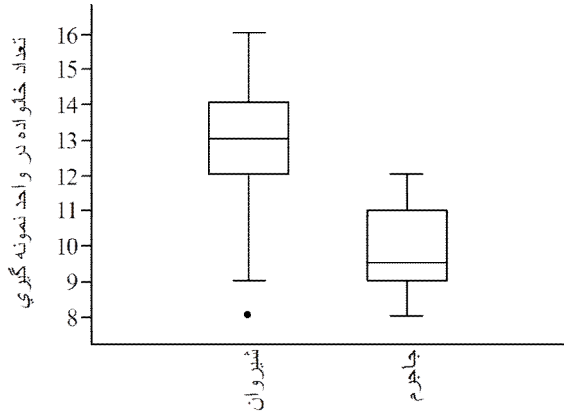
تجزیه واریانس آشیانه‌ای نشان داد تفاوت اقلیمی بین دو منطقه سبب اختلاف در معیارهای تنوع گردیده است (جدول۲).

در منطقه جاجرم با کاهش بارندگی و افزایش میانگین دمای سالانه شاخص تنوع شانون و غنای تاکسونومیک به‌طور معنی‌داری نسبت به منطقه شیروان کاهش پیدا نمود (شکل ۳ و ۴). با این وجود تغییراقلیم سبب اختلافی معنی‌داری در فراوانی کل ماکروفون‌ها نگردید.

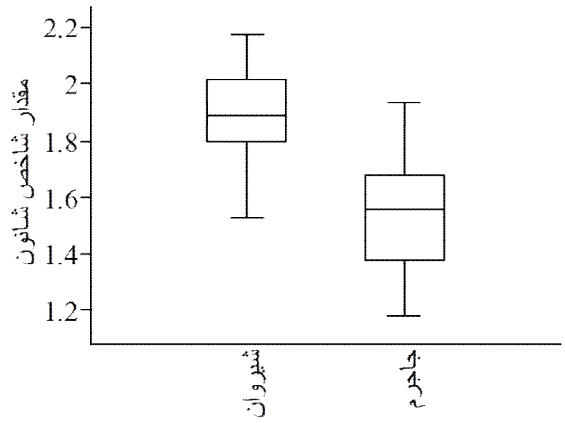
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس آشیانه‌ای تاثیر اقلیم بر فراوانی کل و معیارهای تنوع.

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات				
		غنای تاکسونومیک	فراوانی کل	شاخص شانون	شاخص سیمپسون	یکنواختی
منطقه	۱	۱/۸۵*	۳۰/۶۲ns	۱/۱۹*	۰/۰۸ns	۰/۱۴ns
زیستگاه داخل منطقه	۶	۲/۴**	۶۹۴/۳۴**	۰/۸۹**	۰/۰۷**	۰/۱۴**
واحد نمونه‌گیری داخل زیستگاه	۳۲	۱/۶۲	۳۱/۹۴	۰/۴۹	۰/۰۶	۰/۰۵
کل	۳۹	۴/۴۳	۷۵۶/۸۹	۲/۵۷	۰/۲۱	۰/۳۳

** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.



شکل ۳- نمودار جعبه‌ای غنای تاکسونومیک (تعداد خانواده‌ها) در دو اقلیم نیمه‌خشک شیروان (n=۲۴) و اقلیم خشک جاجرم (n=۱۶). دامنه درون چارکی (جعبه‌ها)؛ میانه (خط افقی وسط جعبه)؛ حداقل و حداکثر غنای تاکسونومیک (حد پایینی و بالایی میله‌ها) و نقاط پرت (•) در شکل مشخص شده است.



شکل ۴- نمودار جعبه‌ای شاخص تنوع شانون در دو اقلیم نیمه‌خشک شیروان (n=۲۴) و اقلیم خشک جاجرم (n=۱۶). دامنه درون چارکی (جعبه‌ها)؛ میانه (خط افقی وسط جعبه)؛ حداقل و حداکثر غنای تاکسونومیک (حد پایینی و بالایی میله‌ها) در شکل مشخص شده است.

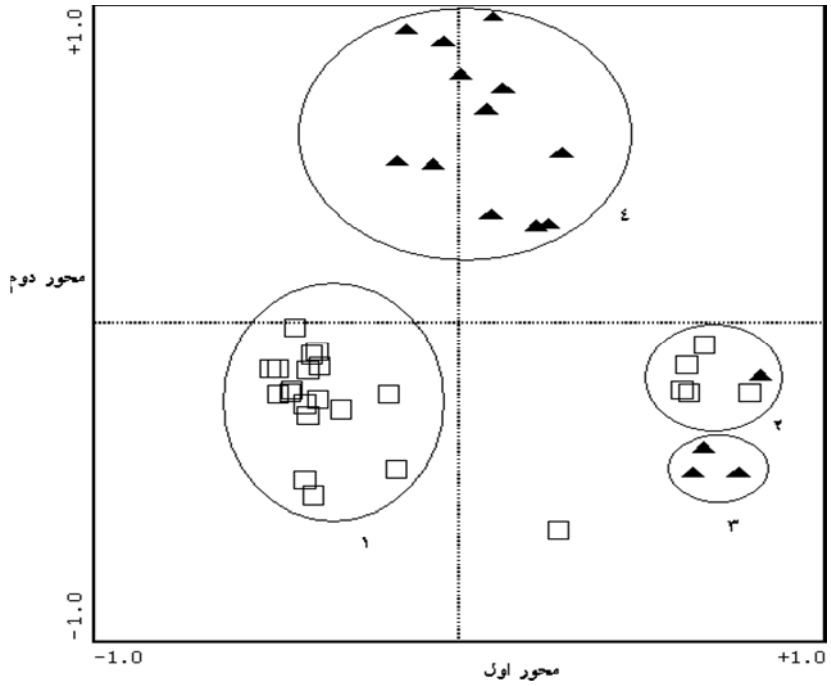
نمودارهای جعبه‌ای نشان می‌دهند در حالی‌که غنای تاکسونومیک از دامنه تغییرات بیش‌تری در منطقه شیروان برخوردار است ولی شاخص تنوع شانون دامنه بیش‌تری از تغییرات را در منطقه جاجرم نشان می‌دهد.

ترکیب متفاوتی از جامعه ماکروفون‌های اصلی بین دو منطقه اقلیمی در مجموع تمامی زیستگاه‌ها (R=۰/۲، P=۰/۰۰۳)، سطح زیستگاه مرتعی (R=۰/۸۶، P<۰/۰۰۱) و سطح زیستگاه کشاورزی دو منطقه (R=۰/۵۴، P<۰/۰۰۱) دیده شد.

محور اول و دوم PCA به ترتیب ۵۰/۸ و ۲۳/۹ (مجموع تمامی زیستگاه‌ها)، ۴۶/۱ و ۱۸/۱ (سطح زیستگاه کشاورزی) و ۴۵/۹ و ۲۸/۹ درصد (سطح زیستگاه مرتعی) از کل تغییرات را در داده‌های خانواده تشریح نمودند. زمانی‌که همه زیستگاه‌ها لحاظ شدند از کل واحدهای نمونه‌گیری منطقه شیروان ۷۵ درصد واحدها با ترکیبی مشابه در جهت منفی محور اول و دوم قرار گرفتند (ناحیه ۱ شکل ۵) و ۱۲ واحد نمونه‌گیری نیز از مجموع ۱۶ واحد منطقه جاجرم در قالب گروهی در قسمت فوقانی محور دوم PCA مجتمع شدند (ناحیه ۴ شکل ۵).

برخلاف زیستگاه‌های کشاورزی زیستگاه مرتعی به‌طور کامل تحت مدیریت انسانی نمی‌باشد. در چنین زیستگاه‌هایی تنوع گیاهی راه‌انداز اصلی تنوع در سایر سطوح غذایی به‌شمار می‌رود. مطابق فرضیه حاصلخیزی منابع، کم بودن تنوع گیاهی با کاستن از نیچ‌های غذایی و پناهگاهی قابل دسترس برای سطوح غذایی بالاتر باعث کاهش تنوع سیستم می‌گردد [۱۵]. چنین وضعیتی در مطالعه حاضر و در منطقه جاجرم دیده شد. مراتع این منطقه از فقر تنوع و پوشش گیاهی رنج می‌برند [۱۶]. این کمبود منجر به کاهش شدید تنوع ماکروفون‌های خاک در اراضی مرتعی در قیاس با اراضی کشاورزی گردید. هم‌چنین ورود مقطعی دام به این مراتع با تخریب اندک نیچ‌های غذایی نظیر بذور و اندام‌های هوایی گیاهان سبب ساده‌سازی ساختار و معماری گیاه می‌گردد که کاهش در تنوع ماکروفون‌ها را تشدید می‌نماید [۱۷].

در تطابق با فرضیه مذکور انتظار می‌رفت در مراتع منطقه شیروان با وجود تنوع فراوانی از گیاهان بر تنوع ماکروفون خاک در هر دو سطح گیاه‌خواران و شکارگران افزوده شود [۱۶]. با این حال همچنان تنوع ماکروفون‌ها در



شکل ۵- نمودار رسته بندی PCA واحدهای نمونه‌گیری بر اساس ترکیب گروه‌های ماکروفون خاک در هر واحد نمونه‌گیری دو منطقه شیروان و جاجرم (در سطح تمامی زیستگاه‌ها). □: واحدهای نمونه‌گیری شیروان و ▲: واحدهای نمونه‌گیری جاجرم.

زیستگاه مرتعی پایین‌تر از اراضی کشاورزی بود. بنابراین باید عامل دیگری جایگزین تاثیر تنوع گیاهی شده باشد. بررسی‌های میدانی انجام شده نشان داد که مراتع این منطقه در فصل بهار تحت چرای متوسط تا شدید دام قرار می‌گیرند. چرای دام می‌تواند برهمکنش‌های موجود بین سطوح غذایی نظیر گیاه – حشره گیاه‌خوار را تخریب یا قطع نماید [۱۷]. مطابق این فرضیه که به فرضیه سطح غذایی[۴] موسوم است برهمکنش‌های مذکور مستقل از تنوع گیاهی عمل می‌کنند. بدین ترتیب در مطالعه حاضر وجود گیاهان متنوع در زیستگاه مرتع قادر به پوشاندن تأثیر مخرب چرای دام بر تنوع فون خاک نشده است. در هر دو منطقه فرضیه کلاسیک مساحت زیاد- غنای زیاد مک آرتور تحقق پیدا نکرد. کیفیت زیستگاه که وابسته به دو عامل تنوع گیاهی و حضور دام است این رابطه را تحت تاثیر قرار داده است. این نتیجه در تطابق با نتایج سایر تحقیقات می‌باشد [۱۸، ۱۹].

تاثیر نوع کاربری اراضی بر ترکیب جامعه ماکروفون نیز در هر دو منطقه روندی مشابه را طی نمود. سوسک سرگین‌خوار بیش‌ترین ارتباط را با اراضی مرتعی نشان داد (شکل ۱و ۲). این سوسک‌ها ضمن این‌که از سرگین تازه دام به‌عنوان منبع غذایی و محل تخم‌گذاری استفاده می‌کنند، نسبت به فشار دام نیز از مقاومت زیادی برخودارند [۸، ۲۰]. در مقابل ماکروفون‌های حساس به عبور و مرور شدید دام نظیر مورچه‌ها، عنکبوتیان و سوسک‌های زمینی به سکونت در اراضی کشاورزی تمایل نشان دادند.

راه‌انداز اصلی تنوع در تمامی سطوح غذایی مصرف‌کننده هر اکوسیستم تنوع و زیست‌توده گیاهی می‌باشد. با افزایش تنوع و زیست‌توده گیاهی بر تعداد منابع در قاعده هرم غذایی افزوده خواهد شد و گونه‌های بیش‌تری در سطوح غذایی بالاتر مورد حمایت قرار می گیرند (فرضیه نیروهای پایین به بالا). تنوع گیاهان رابطه مستقیمی با اقلیم دارد؛ مناطق برخوردار از اقلیم مناسب حداکثر تنوع گیاهی جهان را در خود جای داده‌اند [۲۱]. منطقه جاجرم در مقایسه با شیروان از اقلیمی نامساعدتر برخوردار می‌باشد. میزان بارندگی سالانه جاجرم ۵۰ درصد شیروان است. در این شرایط سخت اقلیمی تولید و تنوع گونه‌های گیاهی در همه زیستگاه‌ها افت محسوسی پیدا خواهد کرد. بنابراین کاهش تنوع و بیوماس گیاهی در منطقه جاجرم منجر به کاهش تنوع و غنای تاکسونومیک ماکروفون گردیده است.

هر گونه گیاهی قادر به حمایت از علف‌خواران و به دنبال آن شکارگران ویژه‌ای است [۱۵، ۲۲]. بنابراین اختلاف در ترکیب جامعه گیاهی به ترکیب متفاوتی از جامعه ماکروفون‌ها خواهد انجامید. این روابط علّی و معلولی در مطالعه حاضر نیز روی داد. در بین ۱۰ ماکروفون انحصاری منطقه شیروان که در منطقه جاجرم یافت نگردید کرم‌های خاکی نیز حضور داشتند که به‌عنوان مهم‌ترین ریزه‌خوار خاک اهمیت ویژه‌ای دارند. لازمه فعالیت کرم‌های خاکی وجود شرایط مرطوب در خاک است [۲۳]. بنابراین در منطقه جاجرم که خاک آن جز در مواقع آبیاری زمین تقریباً خشک است کرم‌های خاکی به‌ندرت در نمونه‌های جمع‌آوری دیده می‌شوند.

۴- نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که همبستگی زیادی بین اجزای مختلف تنوع زیستی زیستگاه وجود دارد به‌نحوی که به موازات کاهش تنوع گیاهی از تنوع ماکروفون‌ها نیز کاسته شد. بنابراین هر عاملی که در جهت افزایش تنوع گیاهی عمل نماید می تواند بر تنوع موجودات در حلقه‌های بعدی زنجیره غذایی بیافزاید. در این راستا اقلیم از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار به‌شمار می‌روند که بهبود آن با افزایش تنوع گیاهی و تنوع ماکروفون همراه است.

پی‌نوشت‌ها

1- Principal Component Analysis
2- Analysis of Similarities
3- Bray-Curtis
4- Trophic-Level

منابع

[1] Burrssaard L, Ruiter P C, Brown G G. Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystems and Environment; 2007; 121: 233-244.

[2] Barrios E. Soil biota, ecosystem services and land productivity. Ecological Economics; 2007; 64:269-285.

[3] Lavelle P, Decaens T, Aubert M, Barota S, Blouin M, Bureau F, Margerie P, Mora P, Rossic J.P. Soil

invertebrates and ecosystem services. European Journal of Soil Biology; 2006; 42:3-15.

[4] Bardgett R D. Causes and consequences of animal diversity in soil. Zoology; 2002; 105:367–374.

[5] Weibull A C, Ostman O, Granqvist A. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. Biodiversity and Conservation; 2003; 12:1335–1355.

[6] Clough Y, Kruess A, Kleijn D, Tscharntke T. Spider diversity in cereal fields: comparing factors at local, landscape and regional scales. Journal of Biogeography; 2005; 32:2007–2014.

[7] Cole L, Buckland S M, Bardgett R D. Relating microarthropod community structure and diversity to soil fertility manipulations in temperate grassland. Soil, Biolology and Biochemistry; 2005; 37:1707–1717.

[8] Hutton S A, Giller P S. The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. Journal of Applied Ecology; 200; 340:994–1007.

[9] Hawkins B A, Field R, Cornell H V, Currie D J, Guégan J F, Kaufman D M. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. Ecology; 2003; 24:3105-3117.

[10] Seymour C L, Dean W R J. Effects of heavy grazing on invertebrate assemblages in the Succulent Karoo, South Africa. Journal of Arid Environment; 1999; 43:267–286.

[11] Biaggini M, Consorti R, Dapporto L, Dellacasa M, Paggetti E, Corti C. The taxonomic level order as a possible tool for rapid assessment of arthropod diversity in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment; 2007; 122:183–191.

[12] Eduardo C, Grelle V. Is higher-taxon analysis an useful surrogate of species richness in studies of Neotropical mammal diversity?. Biological Conservation; 2002; 108:101-106.

[13] Clark K R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. Australian Journal of Ecology; 1993; 18:117–143.

[14] Ter Braak C J F, Smilauer P. CANOCO Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca. 1998.

[15] Siemann E, Tilman J, Haarsad J. Experimental tests of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. Ecology; 1998; 152:738–750.

[16] Rassam G H, Latifi N, Soltani A, Kamkar B.. Effects of crop factors and soil characteristics on weed composition and diversity of wheat (Triticum aestivum) fields in Jajarm. Journal of Agroecology, 2010; 2:343-352. [In Persian]

[17] Kruess A, Tscharntke T. Contrasting responses of plant and insect diversity to variation in grazing intensity. Biological Conservation; 2002; 106:293–302.

[18] Kupfer J A, Malanson G P, Franklin S B. Not seeing the ocean for the islands: the mediating influence of matrix-based processes on forest fragmentation effects. Global Ecology Biogeography; 2006; 15:8–20.

[19] Lovei G L, Magura T, Tothmeresz B, Kodobocz V. The influence of matrix and edges on species richness patterns of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in habitat islands. Global Ecology Biogeography; 2006; 5:283–289.

[20] Nicholsa E, Spectora S, Louzadab J, Larsenc T, Amezquitad S, Favilad M E. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. Biological Conservation; 2008; 141:1461–1474.

[21] Lal R. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment; 1988; 24:101–116.

[22] Siemann E. Experimental tests of effects of plant productivity and diversity on grassland arthropod diversity. Ecology; 1998; 79:2057–2070.

[23] Sims R W, Gerard B M. Earthworms. Field Studies Council, Shrewsbury, UK. 1999.p.297.