نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۶۲۶-۶۱۹

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 4, Winter 2010, p. 619-626

ارزیابی تأثیر کیفیت زیستگاه بر جامعه فون خاک در منطقه جاجرم

قربانعلی رسام[1*]، ناصر لطیفی[2]، افشین سلطانی[2] و بهنام کامکار[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۷/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۲۱

چکیده

تأثیر کاربری اراضی، نوع محصول و شیوه مدیریت کشاورزی بر جامعه فون خاک با پیمایش چهار نوع زیستگاه در سطح شهرستان جاجرم مورد ارزیابی قرار گرفت. زیستگاه‌ها شامل مراتع طبیعی، مزارع یونجه (*Medicago sativa* L.)، مزارع کم‌نهاده و مزارع پرنهاده گندم (*Triticum aestivum* L.) و هر یک متشکل از چهار واحد نمونه گیری بودند. در هر واحد نمونه گیری ماکروفون‌های خاک با استفاده از تله‌های چاله‌ای جمع آوری و به تفکیک خانواده شمارش شدند. از آنالیزهای تقابل، تشابه و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده گردید. غنای تاکسونومیک، شاخص تنوع سیمپسون و فراوانی گروه‌های مهم ماکروفون خاک در زیستگاه مرتعی به طور چمشگیری کمتر از زیستگاه‌های کشاورزی بود. این کاهش به دو عامل پایین بودن تنوع گیاهی و فشار چرا نسبت داده شد. عدم ورود نهاده‌های شیمیایی، تخریب کمتر و چند ساله بودن گیاه یونجه سبب فراوانی ماکروفون‌های مفید خاک در مقایسه با گندم گردید. شیوه مدیریت زراعی تأثیر قابل توجهی بر جامعه ماکروفون نداشت. با این حال گرایش ماکروفون‌های مفید خاک به سکونت در زیستگاه کم‌نهاده قابل درک بود.

واژه های کلیدی: شاخص تنوع سیمپسون، کاربری اراضی، گندم، ماکروفون، مدیریت زراعی

مقدمه

خاک غنی ترین و متنوع ترین جامعه زنده هر اکوسیستم را در خود جای داده است. جامعه زنده خاک طیف وسیعی از موجودات شامل ماکروفون‌ها، مزوفون ها، میکروفون ها و میکروفلور را در بر می‌گیرد که در ارتباطی مستمر با یکدیگر شبکه غذایی پیچیده خاک را تشکیل می دهند (Barrios, 2007). بخش اعظمی از کارکردهای اکوسیستم همچون گردش مواد آلی، معدنی شدن عناصر غذایی، جریان انرژی و رشد گیاهان به شکل مستقیم و غیرمستقیم توسط این موجودات کنترل و هدایت می شود (Brevault et al., 2007). ماکروفون‌ها به موجوداتی از خاک اطلاق می شوند که اندازه بدن آنها بیش از دو میلیمتر بوده و بخش مهمی از زندگی خود را در خاک یا بقایای سطح خاک طی می‌کنند. این موجودات با چشم غیر مسلح قابل رؤیت می باشند (Smith et al., 2008; Barrios, 2007; Brevault et al., 2007).

کاربری اراضی، نوع محصول زراعی، درجه فشردگی مدیریت زارعی، خصوصیات خرداقلیم، حواشی مزارع و نوع چشم انداز کشاورزی از عمده ترین عوامل موثر بر تنوع زیستی ماکروفون‌های خاک به شمار می آیند (Marshall & Moonen, 2002; Weibull et al., 2003). 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 (Jeanneret et al., 2003; Clough et al., 2005). 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) می باشد (Cole et al., 2005).

در زیستگاه‌های طبیعی نظیر مراتع دو عامل شدت چرا و تنوع گیاهی تعیین کننده فراوانی و ترکیب ماکروفون‌های خاک به شمار 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 (Hutton & Giller, 2003).

استفاده از لگوم ها همچون یونجه در تناوب های زراعی شیوه‌ای رایج در جهت افزایش حاصلخیزی و بهبود ساختمان خاک به شمار می رود. انتظار می رود جامعه ماکروفون‌های خاک در مزارع یونجه به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، استاد و استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: (Email: rassammf@yahoo.com

واسطه عدم مصرف کودهای نیتروژن، ساختار خاص گیاهی آن، بهبود خرداقلیم و عدم تخریب خاک بعد از برداشت نسبت به محصولات زارعی یک‌ساله متفاوت باشد (Sileshi & Mafongoya, 2006).

سامانه های پرنهاده تولید گیاهان زراعی با مصرف فزاینده کودهای شیمیایی، علف کش‌ها و آفت کش‌ها همراه هستند. با این حال در نتیجه بهم خوردن توازن اکولوژیکی و به‌خصوص از هم‌گسیختگی شبکه غذایی خاک، پایداری این سامانه ها در دراز مدت با تردید و ابهام فروانی روبه‌رو می‌شود. در این راستا در بسیاری از کشورها روند جایگزینی تدریجی آنها با سامانه‌های اکولوژیک‌محور شامل کشاورزی ارگانیک و کم‌نهاده با جدّیت دنبال می شود. نتایج متعددی در خصوص افزایش تنوع ماکروفون‌ها به ویژه انواع مفید آنها در سامانه های کم‌نهاده نسبت به پرنهاده منتشر شده است (Fuleer et al., 2005). با این حال این افزایش همیشگی نبوده و حتی می تواند روند معکوسی نیز داشته باشد (Weibull et al., 2003).

عموماً برای ارزیابی قابلیت یک زیستگاه از نظر خدمات اکوسیستمی که موجودات زنده درون آن عرضه می کنند، از شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای استفاده می شود. با این حال فهرست برداری در سطح گونه، به‌خصوص در مورد بی‌مهرگان نیازمند صرف زمان و هزینه زیاد و دسترسی به متخصصین رده‌بندی حرفه ای است (Biaggini et al., 2007). یکی از راهکارهایی که برای رفع این محدودیت پیشنهاد شده است، مطالعه تاکسون های بالاتر از گونه (جنس، خانواده و راسته) می باشد. استفاده از تاکسون بالاتر (یعنی غنا و تنوع تاکسونومیک) ضمن ارزیابی سریع تنوع زیستی می تواند در دستیابی به اطلاعات در خصوص تعداد زیادی از تاکسون‌ها موثر واقع شود و بدین ترتیب امکان حفظ اطلاعات زیستی فراوانی را برای درک الگوهای توزیع موجودات میسر سازد (Biaggini et al., 2007).

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی واکنش جامعه ماکروفون خاک به‌خصوص انواع مفید آنها به کاربری اراضی، نوع محصول و شیوه مدیریت زراعی در قالب چهار زیستگاه مرتعی، مزارع یونجه (*Medicago sativa* L.)، مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) پرنهاده و مزارع گندم کم‌نهاده در شهرستان جاجرم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعه در سطح چشم اندازهای کشاورزی شهرستان جاجرم انجام گرفت. شهرستان جاجرم در جنوب غربی استان خراسان شمالی (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی) واقع است. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۱۳۵ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه آن ۱۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در طبقه‌بندی اقلیمی این منطقه جزء مناطق خشک محسوب می شود. در چشم انداز کشاورزی منطقه مزارع غلات شامل گندم و جو، صیفی‌جات همچون خربزه و خیار و گیاهان علوفه ای نظیر یونجه و عرصه های طبیعی مرتعی دیده می‌شود.

انتخاب زیستگاه‌ها: برای انجام مطالعه چهار زیستگاه شامل مزارع گندم پرنهاده، مزارع گندم کم‌نهاده، مزارع یونجه و مرتع در نظر گرفته شد. برای هر زیستگاه چهار واحد نمونه‌گیری (تکرار) انتخاب شد. در گندم واحدهای نمونه‌گیری مزارعی بودند که حتی‌الامکان سعی شد بجز شیوه مدیریتی انتخابی برای آنها، در سایر خصوصیات مشابه باشند. ویژگی‌های عمومی مزارع با مدیریت کم‌نهاده شامل عدم استفاده از علف کش‌ها و مصرف اندک عناصر غذایی نیتروژن و فسفر به ترتیب در مقادیر ۶۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌همراه مصرف کودهای دامی در مقادیر نسبتاً زیاد می باشد. برعکس در مزارع پرنهاده گندم، برای کنترل علف‌های هرز عمدتاً از علف‌کش توفوردی در اوایل بهار استفاده می شود و برای حاصلخیزی خاک به‌طور متوسط مقدار ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن و ۵۵ کیلوگرم فسفر به خاک افزوده می شود. واحدهای نمونه‌گیری انتخابی برای زیستگاه یونجه نیز مزارعی بودند که به شیوه کاملاً سنتی اداره می شدند. در این مزارع هیچ‌گونه مواد شیمیایی همچون کودهای معدنی و علف کش ها مورد استفاده قرار نگرفته و عملیات برداشت یونجه به کمک دست انجام می گرفت. مزارع یونجه انتخاب شده سه ساله بوده و در هر سال بین ۴-۳ چین درو می شوند.

اطراف منطقه مورد مطالعه را عرصه های طبیعی مرتعی پوشانده است. این عرصه‌ها به واسطه اقلیم بسیارخشک منطقه از توان تولید بسیار پایین برخوردار بوده و تنوع گیاهی آنها محدود به چندین گونه مرتعی با پوشش بسیار ضعیف است. دام‌های اهالی (عمدتاً گوسفند) از اوایل تا اواسط فصل بهار وارد این عرصه‌ها می شود. در این زیستگاه واحدهای نمونه گیری پلات‌هایی به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر بودند که به تعداد چهار عدد با فاصله متوسط ۱/۵ کیلومتر از یکدیگر مستقر گردید.

نمونه‌گیری ماکروفون‌ها: برای نمونه گیری ماکروفون‌های خاک از روش تله‌های چاله‌ای استفاده گردید. تله‌ها عبارت از ظروف پلاستیکی سفید رنگ با قطر دهنه ۱۴ سانتیمتر بودند که با ۱۵ میلی لیتر از محلول ۵۰ درصد اتیلن گلیکول به عنوان نگهدارنده پر شدند. در هر واحد نمونه گیری (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 جمع آوری 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 سه عدد برای هر واحد نمونه گیری تقلیل یافت. داده‌های به‌دست آمده برای سه تله داخل هر واحد نمونه گیری به تفکیک خانواده‌ها با یکدیگر جمع گردید.

در هر واحد نمونه‌گیری غنای خانواده (غنای تاکسونومیک)، شاخص تنوع سیمپسون و فراوانی کل محاسبه گردید. غنای خانواده معادل تعداد خانواده‌های ثبت شده در هر واحد نمونه گیری (مجموع سه تله) در نظر گرفته شد. برای محاسبه شاخص تنوع سیمپسون (SI) از معادلات ۱ و ۲ استفاده گردید (Magurran, 1988):

$$D = \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

معادله (۱)

SI=1-D معادله (۲)

که در این معادلات، N: تعداد کل افراد در واحد نمونه گیری 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.

تجزیه و تحلیل آماری. به کمک سه مقایسه مستقل از پیش تعریف شده زیر و بکارگیری آنالیز تقابل تأثیر کاربری اراضی، نوع محصول و شیوه مدیریت زراعی بر ماکروفون‌های خاک مورد ارزیابی قرار گرفت:

زیستگاه گندم کم‌نهاده، پرنهاده و یونجه در مقابل زیستگاه مرتع (یعنی کاربری کشاورزی در مقابل کاربری مرتع).

زیستگاه گندم کم‌نهاده و پرنهاده در مقابل زیستگاه یونجه (محصول گندم در مقابل محصول یونجه).

زیستگاه گندم کم‌نهاده در مقابل زیستگاه گندم پرنهاده (مدیریت فشرده در مقابل مدیریت گسترده).

در آنالیز تقابل علاوه بر متغیرهای غنای خانواده، فراوانی کل و شاخص سیمپسون تأثیر کاربری اراضی، نوع محصول و شیوه مدیریت زراعی بر فراوانی خانواده‌های ماکروفون خاک نیز بررسی شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف[1] تعیین و هر جا نیاز بود از تبدیل لگاریتمی در پایه ۱۰ برای نرمال سازی داده‌ها استفاده گردید.

میزان تشابه بین ترکیب جامعه ماکروفون‌ها بین دو گروه در هر یک از مقایسات مذکور با استفاده از آنالیز تشابه[2] (ANOSIM) انجام گرفت (Clark, 1993). ANOSIM در حقیقت یک نوع آنالیز تک عاملی واریانس بر پایه داده های چند متغیره است. در ANOSIM تشابه داخل گروهی نسبت به تشابه بین گروهی بر اساس ضریب عدم تشابه بری – کورتیس[3] مقایسه و آماره ای بنام R محاسبه می شود. مقدار R معمولا بین ۰ تا ۱ متغیر است. R=1 نشان می دهد که شباهت تمام نمونه‌های (تکرارها) داخل یک گروه به یکدیگر بیش از شباهت آنها با نمونه‌های سایر گروه ها است و R=0 نشان از عدم وجود اختلاف در ترکیب جامعه ماکروفون بین گروه های مورد بررسی می باشد. معنی‌داری R براساس نمونه های تبدیل تصادفی (با ۱۰۰۰ تبدیل) تعیین می شود (Clark, 1993).

از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[4] (PCA) برای نشان دادن ارتباط گونه ها و نمایش توزیع واحدهای نمونه‌گیری در فضای دو بعدی استفاده گردید. خانواده‌هایی که جمعیت آنها کمتر از یک درصد کل افراد جمع آوری شده در مجموعه داده‌ها بودند از آنالیز تقابل، آنالیز تشابه و PCA حذف شدند؛ چون ممکن است نتایج آنالیزها را تحت تأثیر قرار دهند (Ter Braak & Smilauer, 1998). همچنین به سبب تشابه کارکردی و تفسیر بهتر نتایج، دو خانواده جمع آوری شده عنکبوت‌ها به عنوان یک گروه واحد تحت عنوان عنکبوتیان در آنالیزهای مذکور وارد شدند. تمامی آنالیزها به کمک نرم افزار SAS نسخه 9.1 (SAS Institute Inc, 2003) و CANOCO نسخه ۴ (Ter Braak & Smilauer, 1998) انجام گرفت.

نتایج و بحث

در مجموع ۷۰۹۱ ماکروفون متعلق به ۱۷ خانواده از سطح چهار زیستگاه جمع‌آوری شد. در این میان نه خانواده بیش از ۹۶/۵ درصد از کل افراد جمع آوری شده را به خود اختصاص دادند و باقی افراد به هشت خانواده تعلق داشتند که فراوانی هر یک از این خانواده‌ها کمتر از یک درصد بود. مورچه‌ها با ۴۳/۳۵، عنکبوت‌ها (شامل دو خانواده Gnaphosidae و Lycosidae) با ۳۲/۳۶، سوسک‌های سیاه با ۵/۷۱، سوسک‌های زمینی با ۵/۴۴ و کفشدوزک‌ها با ۳/۶ درصد به ترتیب فراوان‌ترین گروه‌های ماکروفون را در مجموع چهار زیستگاه تشکیل دادند. حداکثر، حداقل و متوسط غنای تاکسونومیک در واحد نمونه گیری نیز به ترتیب معادل ۱۴، ۸ و ۱۱ خانواده بوده است. در مقایسه با غنای ماکروفون‌های ثبت شده در سایر مناطق که به بیش از ۳۰ خانواده می‌رسد (Brevault et al., 2007; Rossi & Blanchart, 2005) غنای تاکسونومیک در منطقه مورد مطالعه نسبتاً کم است. فعالیت و تنوع موجودات زنده رابطه مستقیمی با اقلیم دارد؛ مناطق برخوردار از اقلیم مناسب همچون جنگل های پرباران استوایی

1- Kolmogorov-Smirnov
2- Analysis of similarities
3- Bray-Curtis
4- Principal Component Analysis

حداکثر تنوع زیستی جهان را خود جای داده اند (Lal, 1988). بنابراین به نظر می رسد اقلیم فراخشک منطقه مورد مطالعه عامل اصلی کاهش غنای بندپایان در زیستگاه های منطقه باشد. برخی از حشرات به ویژه مورچه‌ها به شکل اجتماعی زندگی می‌کنند و بنابراین در بیشتر زیستگاه‌ها بخش قابل توجهی از ماکروفون‌های جمع آوری شده در تله های چاله ای را شامل می‌شوند (Brevault et al., 2007). این وضعیت در مطالعه حاضر نیز دیده شد به‌طوری‌که تقریبا نیمی از کل ماکروفون‌های جمع آوری شده به مورچه‌ها اختصاص داشت.

تأثیر کاربری اراضی: آنالیز تقابل نشان داد که در زیستگاه مرتع نسبت به زیستگاه‌های کشاورزی متوسط فراوانی کل (۲۰۴ در مقابل ۵۲۵/۳۳ فرد)، غنای خانواده (۸/۲۵ در مقابل ۱۱/۴۲ خانواده) و شاخص سیمپسون (۰/۶۳ در مقابل ۰/۷۴) از نظر آماری کاهش معنی دار پیدا نموده است (جدول ۱). از طرفی در سطح خانواده‌هایی که در آنالیز تقابل وارد شدند بجز خانواده سوسک‌های سرگین‌خوار فراوانی سایر خانواده‌ها در زیستگاه مرتع در قیاس با زیستگاه کشاورزی کاهش معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). ترکیب جامعه ماکروفون در زیستگاه مرتع و کشاورزی با یکدیگر متفاوت بود ($R=0.8$, $P=0.0002$). این تفاوت در الگوی توزیع واحدهای نمونه‌گیری در آنالیز PCA نیز به تصویر کشیده شد (شکل ۱). ملاحظه می‌شود چهار پلات مرتعی در سمت راست محور اول و ۱۱ مزرعه کشاورزی در سمت چپ محور اول و در طول محور دوم پراکنده شده‌اند. محور اول و دوم PCA به ترتیب ۶۷/۹ و ۱۶/۲ درصد از مجموع تغییرات در داده‌های خانواده را تشریح نمودند. به جز خانواده سوسک‌های سرگین‌خوار که از ارتباط قوی‌تری با زیستگاه مرتعی برخوردارند نزدیکی سایر خانواده‌ها به واحدهای کشاورزی بیشتر از پلات‌های مرتعی است (شکل ۱).

مطابق فرضیه ناهمگنی منابع یا حاصلخیزی منابع، کم بودن تنوع گیاهی سبب کاسته شدن نیچ های قابل دسترس برای موجودات می شود (Siemann, 1998). از طرفی فشار دام ورودی به مرتع نیز اندک نیچ‌های غذایی گیاهی برای تغذیه حشرات را تخریب و سبب قطع برهمکنش علف خواران- گیاهان می شود. کاهش حشرات علف‌خوار که طعمه حشرات شکارگر هستند باعث کم شدن فراوانی ماکروفون‌های سطح غذایی سوم خواهد شد. بدین ترتیب در زیستگاه مرتعی پایین بودن فراهمی منابع یا به عبارتی نیروهای پایین به بالا سبب کاسته شدن ماکروفون‌ها در تمام سطوح غذایی و در نتیجه کاهش غنای تاکسونومیک و تنوع کل شده است.

جدول۱- تأثیر کاربری اراضی، نوع محصول و شیوه مدیریت زراعی بر غنا، شاخص تنوع و فراوانی فون خاک (تعداد واحد نمونه گیری =٤)

Table 1- Effect of land use, crop types and cropping management on richness, diversity index and abundance of soil fauna (n=4)

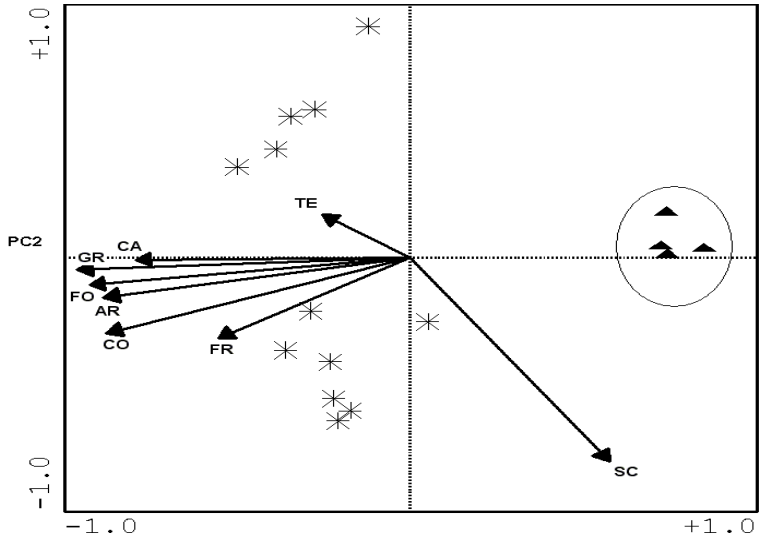
شاخص‌های تنوع Diversity indices	زیستگاه Habitat				تقابل ها Contrasts		
	پرنهاده High-input	کم‌نهاده Low-input	یونجه Alfalfa	مرتع Range	کشاورزی در مقابل مرتع Agricultural vs. range	گندم در مقابل یونجه Wheat vs. alfalfa	کم‌نهاده در مقابل پر نهاده Low vs. high
غنای تاکسونومیک Taxonomic richness	10.50	11.50	12.25	8.25	**	NS	NS
شاخص سیمپسون Simpson index	0.76	0.75	0.70	0.63	**	NS	NS
فراوانی کل† Total abundance	349.25	573.25	653.50	204	**	**	**

† : فراوانی کل بر حسب متوسط کل فون جمع آوری شده در واحد مزرعه برای هر زیستگاه بیان شده است.

**، * و NS در ستون تقابل ها به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱، ۵ درصد و عدم معنی‌داری در آزمون تقابل می باشند.

†: Total abundance is given on the base mean of fauna total collected per sampling unit for each habitat.

**, * and NS in column of contrasts show significant differences at P<0.01, P<0.05 and non-significant in contrast analysis, respectively.



شکل ۱- نمودار رسته بندی PCA برای ترکیب خانواده‌های ماکروفون خاک در دو نوع کاربری اراضی. ستاره ها : ۱۲مزرعه کشاورزی (یونجه، گندم کم‌نهاده و پرنهاده) و مثلث ها: چهار پلات مرتعی را نشان می دهند.

Fig. 1- PCA ordination diagram of macrofauna family composition in two types of land use. stars: 12 fields of agricultural (Alfalfa, Low and high input wheat) and triangles: four plots of rangeland. AR: Araneae, CA: Carabidae, CO: Coccinellidae, FO: Forficulidae, FR: Formicidae, GR:Gryllidae, SC: Scarabaeidae, TE: Tenebrionidae

کروئس و تسچارنتک (Kruess & Tscharntke, 2002) نیز به کاهش تنوع حشرات در اثر چرای دام اشاره داشته‌اند. اگر چه ورود دام به مرتع سبب تخریب ساختارهای گیاهی می‌شود، ولی با افزودن منابعی همچون سرگین نیز همراه می‌شود. سرگین به عنوان منبع غذایی و محل تخم‌گذاری سوسک‌های سرگین‌خوار مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hutton & Giller, 2003; Nicholsa et al., 2008). افزایش فراوانی سوسک‌های سرگین‌خوار در زیستگاه مرتعی در قیاس با زیستگاه کشاورزی ممکن است به همین دلیل باشد.

تأثیر نوع محصول: مزارع یونجه در مقایسه با گندم سبب افزایش متوسط فراوانی کل ماکروفون‌ها (۶۵۳/۵ در مقابل ۴۶۱/۲۵ فرد)، تعداد خانواده‌ها (۱۲/۲۵ در مقابل ۱۱ خانواده) ولی کاهش شاخص سیمپسون (۰/۷ در مقابل ۰/۷۵) گردید. گرچه این تفاوت ها از نظر آماری فقط برای فراوانی کل معنی دار بود (جدول ۱).

نتایج آنالیز تقابل برای خانواده‌های مهم ماکروفون نشان داد که در زیستگاه یونجه فراوانی عنکبوتیان، کفشدوزک‌ها و مورچه‌ها نسبت به زیستگاه گندم افزایش معنی دار پیدا کردند، ولی سوسک‌های کاراییده در گندم فراوان‌تر بودند. در مورد سایر خانواده‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری بین دو زیستگاه دیده نشد (جدول ۲).

با اینکه ترکیب جامعه ماکروفون‌های خاک در دو زیستگاه از نظر آماری اختلاف نشان داد، ولی این تفاوت ترکیب قابل توجه نبود (R=0.29, P=0.048). بخش عمده ای از این اختلاف نیز ناشی از دو مزرعه یونجه می باشد (ناحیه ۱ در شکل ۲) که از ترکیب بسیار متفاوت‌تری نسبت به مزارع گندم برخودارند. نمودار دو بعدی توزیع گونه‌ها نشان می دهد خانواده‌های عنکبوتیان، مورچه‌ها، کفشدوزک ها و سیرسیرکها ارتباط بیشتری با جهت منفی محور دوم داشتند (شکل ۲). سه واحد از چهار واحد نمونه گیری مزارع یونجه در PCA نسبت به تمام واحدهای نمونه گیری مزارع گندم دارای امتیاز بیشتری بر روی جهت منفی محور دوم هستند (شکل ۲). این در حالی است که سه خانواده کاراییده، سوسک های سیاه و گوشخیزک‌ها حداکثر ارتباط را با زیستگاه های گندم نشان دادند. محور اول و دوم PCA در مجموع ۸۱/۱ درصد از کل تغییرات را در داده‌های خانواده تشریح نمودند.

در مطالعات تنوع زیستی که ارزیابی غنا و تنوع به بالاتر از سطح گونه برای مثال سطح خانواده یا راسته ارتقا می یابد به دلیل گسترده شدن سطح رده‌بندی از شدت تغییرات غنا و شاخص تنوع بخصوص در زیستگاه‌هایی با تشابه زیاد کاسته شده و بدین لحاظ اختلاف در تنوع تاکسونومیک چنین زیستگاه‌هایی مشهود نخواهد بود (Biaggini et al., 2007). این موضوع در مطالعه حاضر نیز روی داد طوری‌که اختلاف قابل توجه در غنا و شاخص تنوع بین مزاع گندم و یونجه وجود نداشت.

جدول۲- تأثیر کاربری اراضی، نوع محصول و شیوه مدیریت زراعی بر میانگین فراوانی ماکروفون‌های خاک (تعداد واحد نمونه گیری =٤)

Table 2- The effect of land use, crop type and cropping management on the mean abundance of soil macrofauna (n=4)

خانواده Family	فراوانی† Abundance				تقابل ها Contrasts		
	پرنهاده High-input	کم‌نهاده Low-input	یونجه Alfalfa	مرتع Range	کشاورزی در مقابل مرتع Agriculture vs. range	گندم در مقابل یونجه Wheat vs. alfalfa	کم‌نهاده مقابل پرنهاده Low vs. high
عنکبوتیان†† Araneae	115.00	176.50	244.25	38.00	**	*	NS
سوسک‌های زمینی Carabidae	35.25	43.50	15.50	2.25	**	*	NS
سوسک‌های ببری[a] Cicindelidae	1.50	4.75	0.00	0.00	-	-	-
کفشدوزک‌ها Coccinellidae	4.00	18.50	41.25	0.00	**	**	**
سرخورطومی‌ها[a] Curculionidae	0.75	0.75	0.00	1.25	-	-	-
سوسک‌های پشتک‌زن[a] Elateridae	3.00	8.25	12.75	0.00	-	-	-
گوش خیزک‌ها[a] Forficulidae	13.00	26.25	12.00	0.00	**	NS	NS
مورچه‌ها Formicidae	116.00	238.75	297.00	116.75	*	*	**
سیرسیرک‌ها Gryllidae	10.25	15.50	16.25	0.00	**	NS	NS
خرخاکی‌ها[a] Oniscoidae	2.50	4.75	1.25	6.50	-	-	-
سن‌های قرمز Pyrrhocoridae	0.00	0.00	0.75	0.00	-	-	-
سوسک سرگین خوار Scarabaeidae	4.00	10.75	6.50	18.50	*	NS	NS
صدپایان[a] Scolopendridae	0.00	0.00	3.00	0.75	-	-	-
سوسک‌های سرگردان[a] Staphylinidae	0.00	0.00	0.25	0.00	-	-	-
سوسک سیاه خاک Tenebrionidae	36.75	25.00	22.50	17.00	NS	NS	NS
موریانه‌ها[a] Termitidae	0.00	0.00	2.50	2.50	-	-	-

† فراوانی خانواده‌ها بر حسب متوسط تعداد فون هر خانواده در واحد نمونه‌گیری (مزرعه و پلات) برای هر زیستگاه بیان شده است.

†† : عنکبوتیان شامل دو خانواده Lycosidae و Gnaphosidae می باشد.

a: خانواده‌هایی که فراوانی آنها از کل افراد جمع آوری شده در سرتاسر ۱۶ واحد نمونه‌گیری کمتر از یک درصد بود.

**، * و NS در ستون تقابل ها به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱، ۵ درصد و عدم معنی‌داری در آزمون تقابل می باشند.

†: Abundance of families is as given mean individuals per sampling (field and plot) unit for each habitat.

††: Araneae include two families of Lycosidae and Gnaphosidae.

a: The families that their abundance were below 1% of individual total across 16 fields.

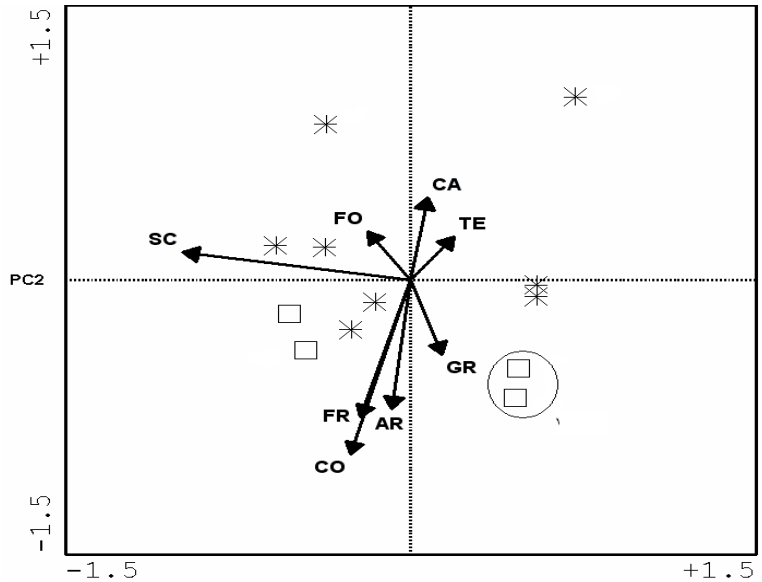
**, * and NS in column of contrasts show significant differences at P<0.01, P<0.05 and non-significant in contrast analysis, respectively.

علیرغم یکسان بودن غنا و تنوع در دو زیستگاه، ترکیب ماکروفون‌های آنها متفاوت می باشد. عنکبوت‌ها به‌خصوص خانواده Lycosidae از شکارگران عمومی مزارع کشاورزی محسوب می‌شوند که به دلیل فراوان بودن، حضور در بیشتر زیستگاه‌ها، حساسیت به ساختار زیستگاه و پیوند با شبکه غذایی علف خوار و بقایاخوار از اهمیت ویژه ای در ارزیابی تنوع زیستی برخودار هستند

(Marc et al., 1999). علاوه بر عنکبوتیان، بیشتر کفشدوزک ها و برخی از سوسک های کارابیده نیز به گروه شکارگران تعلق دارند. فراهمی طعمه، خصوصیات خاص زیستگاه همچون ساختار کانوپی گیاه، خرداقلیم و پوشش سطح خاک بر فراوانی این شکارگران موثر است (Schellhorn & Sork., 1997; Smith et al.; 2008). برخلاف سوسک های کارابیده که به فراهمی طعمه بسیار وابسته هستند، عنکبوت‌ها وابستگی بیشتری به خردزیستگاه دارند (Schellhorn & Sork, 1997). یونجه توانسته است با فراهم نمودن زیستگاهی پایا با کمترین تخریب و پوشیده بودن دائمی سطح خاک که از نوسانات حرارتی و رطوبتی جلوگیری می‌کند جمعیت بیشتری از عنکبوت ها را در خود جای دهند (Oberg et al., 2007; Clough et al., 2005;). در روش تله چاله‌ای پوشش گیاهی سطح خاک می تواند از حرکت حشرات رونده با تحرک زیاد نظیر کارابیده‌ها جلوگیری و مانع از افتادن آنها به داخل تله گردد (Harvey et al., 2008; Thomas et al., 2006). چنین به نظر می رسد فراوانی کمتر سوسک‌های کارابیده در یونجه نسبت به گندم، پوشش گیاهی متراکم‌تر سطح خاک در یونجه باشد که مانع از حرکت آنها شده است. چو و همکاران (Choh et al., 2004) بیان داشتند که بسیاری از شکارگران و پارازیتوئیدها به‌خصوص انواع پروازی برای پیداکردن طعمه‌هایی همچون شته‌ها از سیگنال‌های فرّاری که در اثر تغذیه گیاه‌خواران در گیاه مربوطه القا می شود سود می‌جویند. مشخص شده است که عدم مصرف نیتروژن سبب افزایش آزاد شدن این سیگنال ها و افزایش فراوانی دشمنان طبیعی در مزارعی می شود که کود نیتروژنه کمتری دریافت کرده اند (Schmelz et al., 2003).

بنابراین افزایش فراوانی کفشدوزک‌ها در یونجه می‌تواند ناشی از افزایش این سیگنال ها باشد. گندم زیستگاه مناسب‌تری برای سوسک های سیاه گیاه خوار نسبت به زیستگاه یونجه نشان داد. این افزایش فراوانی به کاهش دشمنان طبیعی همچون عنکبوت ها نسبت داده می شود.

تأثیر فشردگی مدیریت: نوع مدیریت در سامانه‌های تولید گندم منطقه تأثیر قابل توجه و معنی‌دار بر غنای ماکروفون و شاخص سیمپسون نداشت (جدول ۱). با این حال فراوانی کل ماکروفون‌ها در مزارعی از گندم که با شیوه کم‌نهاده اداره می‌شدند به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از انواع پرنهاده (۵۷۳/۲۵ در مقابل ۳۴۹/۲۵) بود. آنالیز تقابل برای خانواده‌های مهم ماکروفون نشان داد بجز دو خانواده کفشدوزک‌ها و مورچه‌ها که در سیستم کم‌نهاده از فراوانی بیشتری برخوردار بودند، از نظر سایر خانواده‌ها اختلاف معنی دار بین این دو زیستگاه وجود نداشت (جدول ۲).

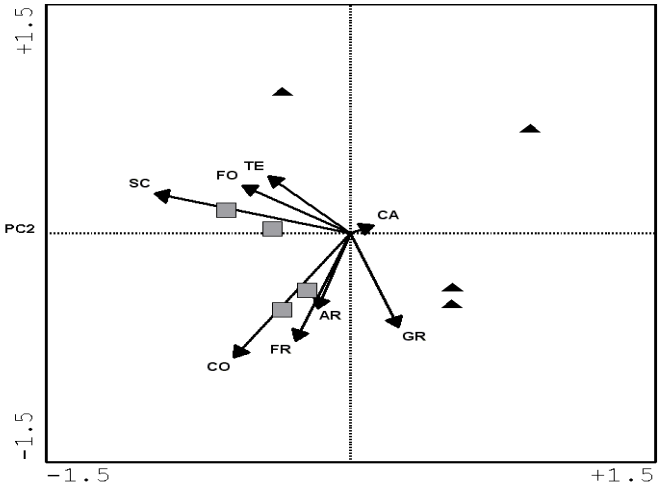


شکل ۲- نمودار رسته بندی PCA برای ترکیب خانواده‌های ماکروفون خاک در دو نوع محصول. ستاره ها : هشت مزرعه گندم (گندم کم‌نهاده و پرنهاده) و مربع ها: چهار مزرعه یونجه را نشان می‌دهند.

برای اسامی کامل خانواده‌ها به زیرنویس شکل (۱) رجوع شود.

Fig. 2- PCA ordination diagram for macrofauna family composition in two types of crop. stars: eight fields of wheat (Low and High input wheat) and squares: four fields of Alfalfa.

See Fig. 2 For abbreviations of other families.



شکل ۳- نمودار رسته بندی PCA برای ترکیب خانواده‌های ماکروفون خاک در دو شیوه از مدیریت زراعی. مثلث ها : چهار مزرعه گندم پرنهاده و مربع ها: چهار مزرعه گندم کم‌نهاده را نشان می دهند.

برای اسامی کامل خانواده‌ها به زیرنویس شکل (۱) رجوع شود.

Fig. 3- PCA ordination diagram for macrofauna family composition in two types of crop management. Triangles: four fields of high- input wheat and squares: 4 fields of low- input wheat.

See Fig. 2 For abbreviations of other families.

با این حال، نتایج آنالیز تشابه نشان داد که ترکیب خانواده‌های ماکروفون‌ها در دو زیستگاه کم‌نهاده و پرنهاده متفاوت از یکدیگر می باشد (R=0.47, P=0.03). اگر چه این اختلاف از نظر آماری قابل ملاحظه نمی باشد. در PCA بجز یک مزرعه، سایر مزارع پرنهاده با قرار گرفتن در سمت راست محور اول تا اندازه‌ای از مزارع کم‌نهاده تفکیک شده اند. بیشتر خانواده‌های مورد بررسی به سکونت در مزارع کم‌نهاده گرایش داشته اند. محور اول و دوم PCA به ترتیب ۵۹/۳ و ۲۷/۹ درصد و در مجموع ۸۷/۲ درصد از کل تغییرات را در داده‌های ماکروفون دو زیستگاه کم‌نهاده و پرنهاده تشریح نمودند.

ملنیچوک و همکاران (Melnychuk et al., 2003) اظهار داشتند که نوع محصول بیش از شیوه مدیریت زراعی بر جامعه ماکروفون خاک موثر است. اسمیت و همکاران Smith et al., (2008) نیز تفاوتی بین ماکروفون‌ها در دو سیستم آلی و رایج مشاهده نکردند. آنها علت را عدم کاربرد حشره کش‌ها برای چندین سال متوالی در سیستم رایج عنوان نمودند. در مطالعه حاضر نیز مشابه بودن نوع محصول در دو نظام و تا حدی تشابه برخی شیوه‌های مدیریتی هم‌چون عدم مصرف حشره کش‌ها و یا مصرف کودهای معدنی در دو سیستم مانع از بروز اختلاف معنی‌دار در شاخص های تنوع و فراوانی اکثر ماکروفون‌های بین دو نظام شده است. با این همه، انجام آنالیزهای چند متغیره منجر به درک الگوهایی در توزیع ماکروفون در گندم کم‌نهاده و پرنهاده گردید. مورچه‌ها از حشرات همه چیز خوار به شمار می‌روند، ولی در اگرواکوسیستم‌ها عمدتاً از دانه‌های گیاهی تغذیه می‌کنند. بنابراین با افزایش تنوع علف‌های هرز و فراهم شدن انواعی از بذور گیاهی به سوی مزارع کشاورزی متمایل می شوند (Read & Andersen, 2000). در مزارع کم‌نهاده عدم مصرف علف کش ها سبب افزایش تنوع علف های هرز در قیاس با مزارع پرنهاده گردیده است و بدین ترتیب زیستگاهی مناسبتری برای مورچه می باشند. این وضعیت سبب شده است تا فراوانی سوسک‌های کارابیده نیز که جز شکارگران عمومی بذور محصولات هستند (Menalled et al., 2007) در مزارع کم‌نهاده بیشتر شود. فراوانی بیشترکفشدوزک‌ها در مزارع کم‌نهاده ممکن است ناشی از سیگنال های القایی اشاره شده باشد که با مصرف کمتر نیتروژن در آنها افزایش یافته‌اند. خانواده‌های بیشتری با گندم‌زارهای کم نهاده مرتبط بودند. همچنین خانواده مفید عنکبوتیان این زیستگاه را بیشتر ترجیح داده اند. فراوانی بیشتر علف های هرز سبب فراهمی پناهگاه بیشتر (Jeanneret et al., 2003) و تنوع طعمه (Harwood et al., 2001) برای عنکبوت‌ها خواهد شد.

نتیجه‌گیری

بطور کلی فقر مراتع منطقه از نظر تنوع ماکروفون خاک مشهود بوده و نیازمند بازیابی تنوع با کشت گیاهان مناسب و از سویی کنترل ورود دام به آنها می باشند. مشخص شد چنانچه امکان تغییر مدیریت زراعی از پرنهاده به کم‌نهاده به هر دلیلی میسر نیست وارد کردن بقولاتی مانند یونجه در تناوب‌های زراعی می‌تواند در افزایش تنوع کارکردی چنین اگرواکوسیستم‌هایی بسیار موثر باشد. در قیاس با نوع محصول، شیوه مدیریت زراعی تأثیر ضعیف‌تری بر ماکروفون‌های

خاک داشت. واکنش ماکروفون‌ها به ویژگی‌های درون زیستگاهی و بین زیستگاهی بسیار متفاوت از یکدیگر است. اتکا صرف به شاخص‌های تنوع و غنا بدون لحاظ کردن ترکیب جامعه می‌تواند سبب از دست رفتن اطلاعات مفید در خصوص تنوع کارکردی و ترکیب جامعه ماکروفون‌ها شود.

منابع

1- Barrios, E. 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. Ecological Economics 64: 269-285.
2- Biaggini, M., Consorti, R., Dapporto, L., Dellacasa, M., Paggetti, E., and Corti, C. 2007. The taxonomic level order as a possible tool for rapid assessment of Arthropod diversity in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment 122: 183–191.
3- 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 and Tillage Research 97: 140–149.
4- Clark, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. Austrlian Journal of Ecology 18: 117–143.
5- Clough, Y., Kruess, A., Kleijn, D., and Tscharntke, T. 2005. Spider diversity in cereal fields: comparing factors at local, landscape and regional scales. Journal of Biogeography 32: 2007–2014.
6- Cole, L., Buckland, S.M., and Bardgett, R.D. 2005. Relating microarthropod community structure and diversity to soil fertility manipulations in temperate grassland. Soil, Biolology and Biochemistry 37: 1707–1717.
7- Choh, Y., Shimoda, T., Ozawa, R., Dicke, M., and Takabayashi, J. 2004. Exposure of lima bean leaves to volatiles from herbivore-induced con-specific plants results in emission of carnivore attractants: active or passive process? Journal of Chemical Ecology 30: 1305–1317.
8- Fuller, R.J., Norton, L.R., Feber, R.E., Johnson, P.J., Chamberlain, D.E., Joys, A.C., Mathews, F., Stuart, R.C., Townsend, M.C., Manley, W.J., Wolfe, M.S., Macdonald, D.W., and Firbank, L.G. 2005. Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. Biology Letters 1: 431–434.
9- Harvey, J.A., Van der Putten, W.H., Turin, H., Wagenaar, R., and Bezemer, T.M. 2006. Effects of changes in plant species richness and community traits on carabid assemblages and feeding guilds. Agriculture, Ecosystems and Environment. 127: 100–106.
10- Harwood, J.D., Sunderland, K.D., and Symondson, W.O.C. 2001. Living where the food is: web location by linyphiid spiders in relation to prey availability in winter wheat. Journal of Applied Ecology 38: 88-99.
11- Hutton, S.A., and Giller, P.S. 2003. The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. Journal of Applied Ecology 40: 994–1007.
12- Jeanneret, P., Schupbach, B., and Luka, H. 2003. Quantifying the impact of landscape and habitat features on biodiversity in cultivated landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment 98: 311–320.
13- Kruess, A., and Tscharntke, T. 2002. Contrasting responses of plant and insect diversity to variation in grazing intensity. Biological Conservation 106: 293–302.
14- Lal, R. 1988. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 24: 101–116.
15- Magurran, A.E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
16- Marc, P., Canard, A., and Ysnel, F. 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 229–273.
17- Marshall, E.J.P., and Moonen, A.C. 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment 89: 5–21.
18- Melnychuk, N. A., Olfert, O., Youngs, B., and Gillott, C. 2003. Abundance and diversity of Carabidae (Coleoptera) in different farming systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 95: 69-72.
19- Menalled, F. D., Smith, R. G., Dauer, J. T., and Fox, T. B. 2007. Impact of agricultural management on carabid communities and weed seed predation. Agriculture, Ecosystems and Environment 118: 49-54.
20- Nicholsa, E., Spectora, S., Louzadab, J., Larsenc, T., Amezquitad, S., and Favilad, M.E. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. Biological Conservation 141: 1461–1474.
21- Oberg, S., Ekbom, B., and Bommarco, R. 2007. Influence of habitat type and surrounding landscape on spider diversity in Swedish agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 122: 211–219.
22- Read, J.L., and Andersen, A.N. 2000. The value of ants as early warning bioindicators: responses to pulsed cattle grazing at an Australian arid zone locality. Journal of Arid Environment 45: 231–251.
23- Rossi, J.P., and Blanchart, E. 2005. Seasonal and land-use induced variations of soil macrofauna composition in the Western Ghats, southern India. Soil Biology and Biochemistry 37: 1093–1104.
24- SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT Release 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.
25- Schellhorn, N.A., and Sork, V.L. 1997. The impact of weed diversity on insect population dynamics and crop yield in collards, *Brassica oleraceae* (Brassicaceae). Oecologia 111: 233-240.
26- Schmelz, E.A., Alborn, H.T., Engelberth, J., and Tumlinson, J.H. 2003. Nitrogen deficiency increases volicitin-induced volatile emission, jasmonic acid accumulation, and ethylene sensitivity in maize. Plant Physiology 133:

295–306.
27- Siemann, E. 1998. Experimental test of effects of plant productivity and diversity on grassland arthropod diversity. Ecology 79: 2057–2070.
28- Sileshi, G., and Mafongoya, P.L. 2006. Long-term effects of improved legume fallows on soil invertebrate macrofauna and maize yield in eastern Zambia. Agriculture, Ecosystems and Environment 115: 69–78.
29- Smith, J., Potts, S., and Eggleton, P. 2008. Evaluating the efficiency of sampling methods in assessing soil macrofauna communities in arable systems. European Journal of Soil Biology 44: 271-276.
30- Ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P. 1998. CANOCO Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca.
31- Tsiafouli, M.A., Kallimanis, A.S., Katana, E., Stamou, G.P., and Sgardelis, S.P. 2005. Responses of soil microarthropods to experimental short-term manipulations of soil moisture. Applied Soil Ecology 29: 17–26.
32- Weibull, A.C., Ostman, O., and Granqvist, A. 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. Biodiversity and Conservation 12: 1335–1355.