

## ارزیابی تأثیر کیفیت زیستگاه بر جامعه فون خاک در منطقه جاجریم

قربانعلی رسام<sup>۱\*</sup>، ناصر لطیفی<sup>۲</sup>، افشین سلطانی<sup>۲</sup> و بهنام کامکار<sup>۳</sup>

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 جاجریم مورد ارزیابی قرار گرفت. زیستگاه‌ها شامل مراتع طبیعی، مزارع یونجه (*Medicago sativa* L.)، مزارع کم‌نهاد 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 جمع‌آوری و به تفکیک خانواده شمارش شدند. از آنالیزهای تقابلی، تشابه و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید. غنای تاکسونومیک، شاخص تنوع سیمپسون و فراوانی گروه‌های مهم ماکروفون خاک در زیستگاه مرتعی به طور چشمگیری 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 کم‌نهاد قابل درک بود.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص تنوع سیمپسون، کاربری اراضی، گندم، ماکروفون، مدیریت زراعی

### مقدمه

خاک غنی‌ترین و متنوع‌ترین جامعه زنده هر اکوسیستم را در خود جای داده است. جامعه زنده خاک طیف وسیعی از موجودات شامل ماکروفون‌ها، مزوفون‌ها، میکروفون‌ها و میکروفلور را در بر می‌گیرد که در ارتباطی مستمر با یکدیگر شبکه غذایی پیچیده خاک را تشکیل می‌دهند (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 می‌شود (Brevault et al., 2007). ماکروفون‌ها به موجوداتی از خاک اطلاق می‌شوند 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 می‌باشند (Smith et al., 2008; Barrios, 2007; Brevault et al., 2007).

کاربری اراضی، نوع محصول زراعی، درجه فشردگی مدیریت زراعی، خصوصیات خرداقلیم، حواشی مزارع و نوع چشم‌انداز

کشاورزی از عمده‌ترین عوامل موثر بر تنوع زیستی ماکروفون‌های خاک به شمار می‌آیند (Marshall & Moonen, 2002; Weibull et al., 2003). واکنش ماکروفون‌ها به این عوامل بسته به صفات آنها شامل توان پراکنش، رژیم غذایی، نحوه زمستان‌گذرانی، 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) می‌باشد (Cole et al., 2005).

در زیستگاه‌های طبیعی نظیر مراتع دو عامل شدت چرا و تنوع گیاهی تعیین‌کننده فراوانی و ترکیب ماکروفون‌های خاک به شمار می‌آیند. چرای شدید از یک طرف با تخریب نیچ‌های غذایی، فشردگی خاک و کاستن از تنوع گیاهی سبب کاهش کلی تنوع ماکروفون‌های خاک می‌شود، ولی با اضافه شدن منابع غذایی شامل سرگیه و لاشه ممکن است در جهت افزایش تنوع عمل نماید (Hutton & Giller, 2003).

استفاده از لگوم‌ها همچون یونجه در تناوب‌های زراعی شیوه‌ای رایج در جهت افزایش حاصلخیزی و بهبود ساختمان خاک به شمار می‌رود. انتظار می‌رود 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)

طبقه‌بندی اقلیمی این منطقه جزء مناطق خشک محسوب می‌شود. در چشم انداز کشاورزی منطقه مزارع غلات شامل گندم و جو، صیفی‌جات همچون خربزه و خیار و گیاهان علوفه‌ای نظیر یونجه و عرصه‌های 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 علف‌کش‌ها 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 می‌باشد. برعکس در مزارع پرنهاده گندم، برای کنترل علف‌های هرز عمدتاً از علف‌کش توفوردی در اوایل بهار استفاده می‌شود و برای حاصلخیزی خاک به‌طور متوسط مقدار ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن و ۵۵ کیلوگرم فسفر به خاک افزوده می‌شود. واحدهای نمونه‌گیری انتخابی برای زیستگاه یونجه نیز مزارعی بودند که به شیوه کاملاً سنتی اداره می‌شدند. در این مزارع هیچ‌گونه مواد شیمیایی همچون کودهای معدنی و علف‌کش‌ها مورد استفاده قرار نگرفته و عملیات برداشت یونجه به کمک دست انجام می‌گرفت. مزارع یونجه انتخاب شده سه ساله بوده و در هر سال بین ۳-۴ چین درو می‌شوند.

اطراف منطقه مورد مطالعه را عرصه‌های طبیعی مرتعی پوشانده است. این عرصه‌ها به واسطه اقلیم بسیار خشک 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 می‌شود. در این زیستگاه واحدهای نمونه‌گیری 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 نمونه‌گیری ماکروفون‌های خاک از روش تله‌های چاله‌ای استفاده گردید. تله‌ها عبارت از ظروف پلاستیکی سفید رنگ با قطر دهانه ۱۴ سانتیمتر بودند که با ۱۵ میلی لیتر از محلول ۵۰ درصد اتیلن گلیکول به عنوان 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

واسطه عدم مصرف کودهای نیتروژن، ساختار خاص گیاهی آن، بهبود خرداقلیم و عدم تخریب خاک بعد از برداشت نسبت به محصولات زراعی یک‌ساله متفاوت باشد (Sileshi & Mafongoya, 2006). سامانه‌های پرنهاده تولید گیاهان زراعی با مصرف فزاینده کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها همراه هستند. با این حال در نتیجه بهم خوردن توازن اکولوژیکی و به‌خصوص از هم‌گسختگی شبکه غذایی خاک، پایداری این سامانه‌ها در دراز مدت با تردید و ابهام فراوانی روبه‌رو می‌شود. در این راستا در بسیاری از کشورها روند جایگزینی تدریجی آنها با سامانه‌های اکولوژیک‌محور شامل کشاورزی ارگانیک و کم‌نهاده با جدیت دنبال می‌شود. نتایج متعددی در خصوص افزایش تنوع ماکروفون‌ها به ویژه انواع مفید آنها در سامانه‌های کم‌نهاده نسبت به پرنهاده منتشر شده است (Fuleer et al., 2005). با این حال این افزایش همیشگی نبوده و حتی می‌تواند 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 می‌کنند، از شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای استفاده می‌شود. با این حال فهرست برداری در سطح گونه، به‌خصوص در مورد بی‌مهرگان نیازمند صرف زمان و هزینه زیاد و دسترسی به متخصصین رده‌بندی حرفه‌ای است (Biaggini et al., 2007). یکی از راهکارهایی که برای رفع این محدودیت پیشنهاد شده است، مطالعه تاکسون‌های بالاتر از گونه (جنس، خانواده و راسته) می‌باشد. استفاده از تاکسون بالاتر (یعنی غنا و تنوع تاکسونومیک) ضمن ارزیابی سریع تنوع زیستی می‌تواند 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

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<sup>۳</sup> مقایسه و آماره ای بنام R محاسبه می شود. مقدار R معمولاً 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 گروه‌ها است و R=0 نشان از عدم وجود اختلاف در ترکیب جامعه ماکروفون بین گروه‌های مورد بررسی می باشد. معنی‌داری R براساس نمونه‌های تبدیل تصادفی (با ۱۰۰۰ تبدیل) تعیین می شود (Clark, 1993).

از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی<sup>۴</sup> (PCA) برای نشان دادن ارتباط گونه‌ها و نمایش توزیع واحدهای نمونه‌گیری در فضای دو بعدی استفاده گردید. خانواده‌هایی که جمعیت آنها کمتر از یک درصد کل افراد جمع‌آوری 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 جمع‌آوری 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 جمع‌آوری 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 نمونه‌گیری 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 جنگل‌های پرباران استوایی

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

$$D = \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$SI = 1 - D \quad \text{معادله (۲)}$$

که در این معادلات، N: تعداد کل افراد در واحد نمونه‌گیری و n: 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<sup>۱</sup> 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<sup>۲</sup> (ANOSIM) انجام گرفت (Clark, 1993). ANOSIM در حقیقت یک نوع آنالیز تک

3- Bray-Curtis  
4- Principal Component Analysis

1- Kolmogorov-Smirnov  
2- Analysis of similarities

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 نیچ‌های قابل دسترس برای موجودات می‌شود (Siemann, 1998). از طرفی فشار دام ورودی به مرتع نیز اندک نیچ‌های غذایی گیاهی برای تغذیه حشرات را تخریب و سبب قطع برهمکنش علف‌خواران - گیاهان می‌شود. 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.

حداکثر تنوع زیستی جهان را خود جای داده‌اند (Lal, 1988). بنابراین به نظر می‌رسد اقلیم فراخشک منطقه مورد مطالعه عامل اصلی کاهش غنای بندپایان در زیستگاه‌های منطقه باشد. برخی از حشرات به ویژه مورچه‌ها به شکل اجتماعی زندگی می‌کنند و بنابراین در بیشتر زیستگاه‌ها بخش قابل توجهی از ماکروفون‌های جمع‌آوری شده در تله‌های چاله‌ای را شامل می‌شوند (Brevault et al., 2007). این وضعیت در مطالعه حاضر نیز دیده شد به طوری که تقریباً نیمی از کل ماکروفون‌های جمع‌آوری 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 معنی دار 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

جدول ۱- تأثیر کاربری اراضی، نوع محصول و شیوه مدیریت زراعی بر غنا، شاخص تنوع و فراوانی فون خاک (تعداد واحد نمونه‌گیری = ۴)  
Table 1- Effect of land use, crop types and cropping management on richness, diversity index and abundance of soil fauna (n=4)

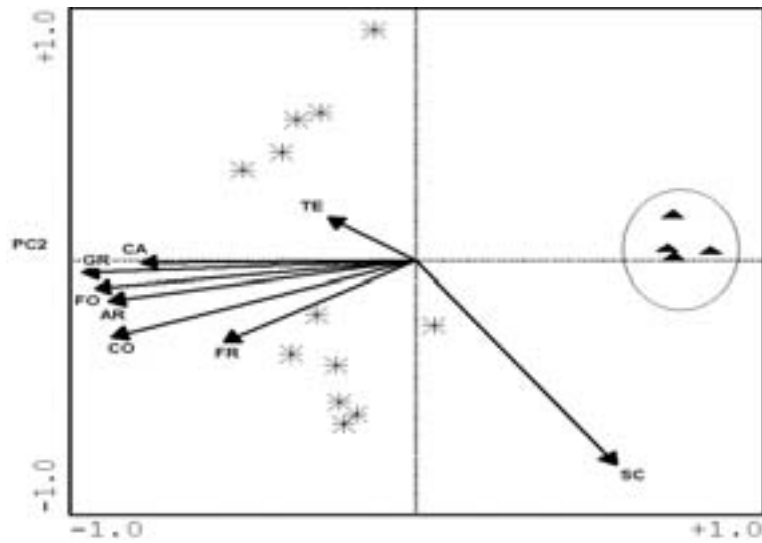
کم‌نهاده در مقابل پر نهاده Low vs. high	تقابل‌ها Contrasts		مرتع Range	زیستگاه Habitat			شاخص‌های تنوع Diversity indices
	گندم در مقابل یونجه Wheat vs. alfalfa	کشاورزی در مقابل مرتع Agricultural vs. range		کم‌نهاده Low-input	پر‌نهاده High-input	یونجه Alfalfa	
NS	NS	**	8.25	12.25	11.50	10.50	غنای تاکسونومیک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

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

\*\*، \* و NS در ستون تقابل‌ها به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰.۱، ۵ درصد و عدم معنی‌داری در آزمون تقابل می‌باشند.

†: 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. ستاره‌ها: ۱۲ مزرعه کشاورزی (شامل: یونجه، گندم کم‌نهاده و پرنهاده) و مثلث‌ها: چهار پلات مرتعی را نشان می‌دهند.

Fig. 1- PCA ordination diagram of macrofauna family composition in two types of land use. Stars: 12 agricultural fields (including: 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 & Tscharrntke, 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; Nichol 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 تفاوت‌ها 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 معنی‌دار پیدا کردند، ولی سوسک‌های کارابیده 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

مزرعه یونجه می‌باشد (ناحیه ۱ در شکل ۲) که از ترکیب بسیار متفاوت‌تری نسبت به مزارع گندم برخوردارند. نمودار دو بعدی توزیع گونه‌ها نشان می‌دهد خانواده‌های عنکبوتیان، مورچه‌ها، کفشدوزک‌ها و سیرسیرکها ارتباط بیشتری با جهت منفی محور دوم داشتند (شکل ۲). سه واحد از چهار واحد نمونه‌گیری مزارع یونجه در PCA نسبت به تمام واحدهای نمونه‌گیری مزارع گندم دارای امتیاز بیشتری بر روی جهت منفی محور دوم هستند (شکل ۲). این در حالی است که سه خانواده کارابیده، سوسک‌های سیاه و گوشخیزک‌ها حداکثر ارتباط را با زیستگاه‌های گندم نشان دادند. محور اول و دوم PCA 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 می‌یابد 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 طوری که اختلاف قابل توجه در غنا و شاخص تنوع بین مزارع گندم و یونجه وجود نداشت.

جدول ۲- تأثیر کاربری اراضی، نوع محصول و شیوه مدیریت زراعی بر میانگین فراوانی ماکروفون‌های خاک (تعداد واحد نمونه‌گیری = ۴)

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

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

† 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.

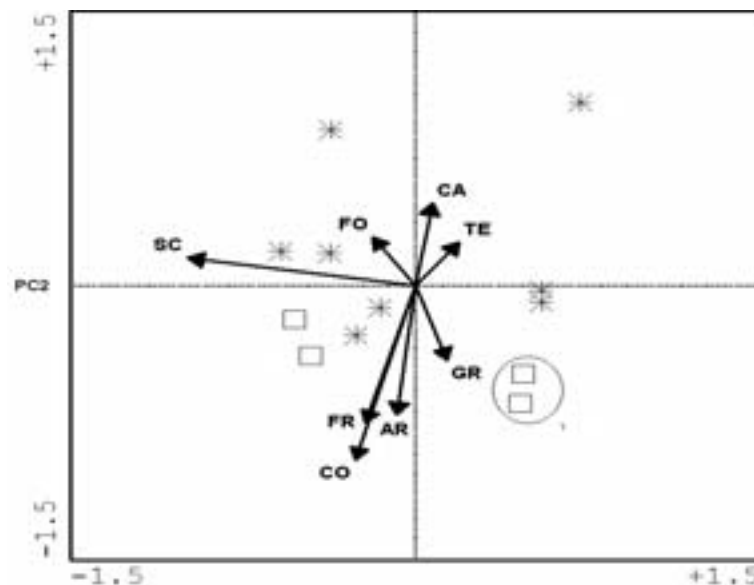
می‌شوند که به دلیل فراوان بودن، حضور در بیشتر زیستگاه‌ها، حساسیت به ساختار زیستگاه و پیوند با شبکه غذایی علف خوار و بقایاخور از اهمیت ویژه ای در ارزیابی تنوع زیستی برخوردار هستند

علیرغم یکسان بودن غنا و تنوع در دو زیستگاه، ترکیب ماکروفون‌های آنها متفاوت می باشد. عنکبوت‌ها به خصوص خانواده Lycosidae از شکارگران عمومی مزارع کشاورزی محسوب

گیاهخواران در گیاه مربوطه القا می شود سود می جویند. 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 می تواند ناشی از افزایش این سیگنال ها باشد. گندم زیستگاه مناسب تری 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.

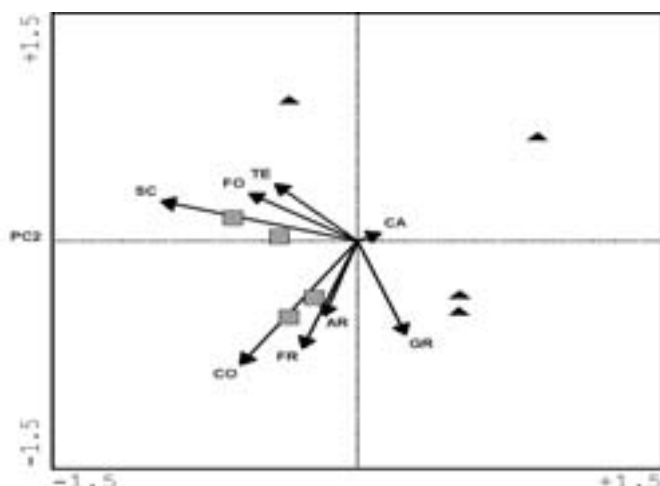
**تأثیر فشردگی مدیریت:** نوع مدیریت در سامانه های تولید گندم منطقه تأثیر قابل توجه و معنی دار بر غنای ماکروفون و شاخص سیمپسون نداشت (جدول ۱). با این حال فراوانی کل ماکروفون ها در مزارعی از گندم که با شیوه کم نهاده اداره می شدند به طور قابل ملاحظه ای بالاتر از انواع پر نهاده (۵۷۳/۲۵ در مقابل ۳۴۹/۲۵) بود. آنالیز تقابل برای خانواده های مهم ماکروفون نشان داد بجز دو خانواده کفشدوزکها و مورچهها که در سیستم کم نهاده از فراوانی بیشتری برخوردار بودند، از نظر سایر خانواده ها اختلاف معنی دار بین این دو زیستگاه وجود نداشت (جدول ۲).

(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 می کند جمعیت بیشتری از عنکبوت ها را در خود جای دهند (Oberger et al., 2007; Clough et al., 2005). در روش تله چاله ای پوشش گیاهی سطح خاک می تواند از حرکت حشرات رونده با تحرک زیاد نظیر کارابیده ها جلوگیری و مانع از افتادن آنها به داخل تله گردد (Harvey et al., 2008; Thomas et al., 2006). چنین به نظر می رسد که فراوانی کمتر سوسک های کارابیده در یونجه نسبت به گندم، پوشش گیاهی متراکم تر 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 به خصوص انواع پروازی برای پیدا کردن طعمه هایی همچون شته ها از سیگنال های فراری که در اثر تغذیه



شکل ۲- نمودار رسته بندی PCA برای ترکیب خانواده های ماکروفون خاک در دو نوع محصول. ستاره ها: هشت مزرعه گندم (گندم کم نهاده و پر نهاده) و مربع ها: چهار مزرعه یونجه را نشان می دهند. برای اسامی کامل خانواده ها 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. مثلث‌ها: چهار مزرعه گندم پرنهاده و مربع‌ها: چهار مزرعه گندم کم‌نهاده را نشان می‌دهند.

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.

شدن انواعی از بذور گیاهی به سوی مزارع کشاورزی متمایل می‌شوند (Read & Andersen, 2000). در مزارع کم‌نهاده عدم مصرف علف کش‌ها سبب افزایش تنوع علف‌های هرز در قیاس با مزارع پرنهاده گردیده است و بدین ترتیب زیستگاهی مناسبتری برای مورچه می‌باشند. 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 بیشتر کفشدوزک‌ها در مزارع کم‌نهاده ممکن است ناشی از سیگنال‌های القایی اشاره شده باشد که با مصرف کمتر نیتروژن در آنها افزایش یافته‌اند. خانواده‌های بیشتری با گندم‌زارهای کم‌نهاده مرتبط بودند. همچنین خانواده مفید عنکبوتیان این زیستگاه را بیشتر ترجیح داده‌اند. فراوانی بیشتر علف‌های 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 می‌باشند. 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 اگر اکوسیستم‌هایی بسیار موثر باشد. در قیاس با نوع محصول، شیوه مدیریت زراعی تأثیر ضعیف‌تری بر ماکروفون‌های خاک داشت. واکنش ماکروفون‌ها به ویژگی‌های درون زیستگاهی و

با این حال، نتایج آنالیز تشابه نشان داد که ترکیب خانواده‌های ماکروفون‌ها در دو زیستگاه کم‌نهاده و پرنهاده متفاوت از یکدیگر می‌باشد ( $R=0.47$ ,  $P=0.03$ ). اگر چه این اختلاف از نظر آماری قابل ملاحظه نمی‌باشد. در PCA بجز یک مزرعه، سایر مزارع پرنهاده با قرار گرفتن در سمت راست محور اول تا اندازه‌ای از مزارع کم‌نهاده تفکیک شده‌اند. بیشتر خانواده‌های مورد بررسی به سکونت در مزارع کم‌نهاده گرایش داشته‌اند. محور اول و دوم PCA به ترتیب ۳/۵۹ و ۹/۲۷ درصد و در مجموع ۲/۸۷ 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 شاخص‌های 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 اگر اکوسیستم‌ها عمدتاً از دانه‌های گیاهی تغذیه می‌کنند. بنابراین با افزایش تنوع علف‌های هرز و فراهم



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., Maldas, 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. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.
- 5- Clough, Y., Kruess, A., Kleijn, D., and Tscharrntke, 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, Biology 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 Tscharrntke, 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- Nicholasa, E., Spector, S., Louzadab, J., Larsenc, T., Amezcuitad, 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.