

تاثیر مدیریت سیستم های کشاورزی بر مواد آلی خاک، تنوع و فراوانی بی مهرگان خاک زی

علیرضا خداشناس^{۱*}، علیرضا کوچکی^۲، پرویز رضوانی مقدم^۳، امیر لکزیان^۴ و مهدی نصیری محلاتی^۵^۱دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی^{۲،۳}استادان، ^۴دانشیار و ^۵استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۱۱/۱۹)

چکیده

کیفیت خاک نقش قابل توجهی در ثبات اکوسیستم های خشکی، بویژه سیستم های تولید محصولات زراعی دارد. به منظور ارزیابی تاثیر فعالیتهای کشاورزی بر کیفیت خاک و نیز تنوع و فراوانی بی مهرگان خاک زی مطالعه ای در سه منطقه از استان های خراسان رضوی و شمالی انجام شد. در هرمنطقه دو سیستم کم نهاده و پرنهاده تولید گندم و سیستم طبیعی جهت انجام بررسی انتخاب گردیدند. از خاک هر یک از مزارع و واحدهای انتخابی از سیستم طبیعی نمونه برداری انجام شد و بافت خاک، مواد آلی خاک و تنوع و فراوانی بی مهرگان خاک زی در هر نمونه تعیین گردید. بر اساس نتایج این مطالعه اقلیم بر بافت خاک تاثیر داشت و با کاهش میانگین درجه حرارت سالیانه و افزایش بارندگی سالیانه بافت خاک سنگین تر شد. مواد آلی خاک نیز تحت تاثیر اقلیم و فعالیت های کشاورزی قرار گرفت و در سیستم های کشاورزی هر منطقه بیشترین مقدار را نشان داد. تنوع و فراوانی بی مهرگان خاک زی نیز تحت تاثیر فعالیت های کشاورزی افزایش یافت. بنابراین به طور کلی سیستم های کشاورزی در مناطق خشک باعث افزایش درصد مواد آلی خاک و تنوع و فراوانی حشرات خاک زی و یا به عبارت دیگر افزایش کیفیت خاک گردیده اند.

واژه های کلیدی: مواد آلی خاک، تنوع بی مهرگان خاک زی، فراوانی بی مهرگان خاک زی

مقدمه

بوم است که واکنش های خاک را در همه مقیاس ها تلفیق می کند (Pimentel et al., 1997; Sileshi and Mafongoya, 2006). همه موجودات خاک زی، بویژه فون خاک، نقش مهم و شناخته شده ای در تشکیل و پایداری ساختمان خاک دارند. بر اساس تخمین Pimentel et al. (1997) موجودات خاک زی به تشکیل سالانه تقریباً ۱ تن در هکتار خاک سطحی کمک می کنند. مورچه ها، موریانه ها، کرم های خاکی، سخت بالپوشان و سایر حشرات بزرگ، که روی سطح خاک یا در لانه و حفراتی درون خاک زندگی می کنند و جزء ماکروفون خاک و مهندسان زیست بوم به شمار می آیند، به طور متوسط باعث رسوب ۱۰ تن خاک نرم در هکتار در سطح خاک می شوند (Davidson and Grieve, 2006; Lavelle et al., 2006; Ouedraogo et al., 2006). کرم های خاکی موادی ترشح می کنند که شبیه سیمان ذرات خاک را به یکدیگر متصل می کند تا خاکدانه ها تولید شوند، تشکیل خاکدانه ها به کنترل فرسایش خاک کمک می کند (Huguenin et al., 2006). اهمیت مورچه ها نیز به دلیل پتانسیلی که برای حفظ و بازیافت کیفیت خاک و تشکیل آن دارند، در کارکرد زیست بوم ها قطعی است (Hernandez-Ruiz and Castano-Meneses, 2006; Lobry de Bruyn, 1999) ماکروفون خاک بر خرد شدن، دانه بندی و ترکیب مواد آلی

خاک حاصلخیز یکی از اجزاء ضروری زیست بوم ها بشمار می آید زیرا انعکاس دهنده ساز و کارهای آنهاست و در داخل آن همه واکنش های زیست زمین شیمیایی اجزاء مختلف زیست بوم تلفیق شده اند (Parisi et al., 2005; Pimentel et al., 1997). pH، نیتروژن، ظرفیت تبادل کاتیونی، مواد سمی و مواد آلی شاخص های کیفیت شیمیایی خاک هستند (Karlen et al., 1992) اما در میان عوامل ذکر شده، مواد آلی خاک به عنوان شاخص اصلی کیفیت خاک مطرح است (Lal, 1997; Reeves, 1997). مواد آلی خاک کارکردهای متنوعی از جمله بهبود ظرفیت نگهداری مواد غذایی، ثبات خاکدانه ها، ذخیره کربن و ترسیب آن را دارند و تامین کننده انرژی فعالیت های هتروتروفی در خاک هستند (Velasquez et al., 2007; Frouz et al., 2007). بنابراین ارزیابی تغییرات کیفیت خاک، معیار معمول برای ارزیابی پایداری طولانی مدت اکوسیستم ها بشمار می آید (Parisi et al., 2005; Pimentel et al., 1997). تشکیل خاک در مقیاس منطقه ای یکی از خدمات زیست

توجه به اهمیتی که ماکروفون خاک در تنظیم واکنش‌های خاک دارند، بررسی آنها معیاری برای سنجش تلفیقی سلامت خاک است (Lobry de Bruyn, 1997).

تنوع زیستی بی مهرگان خاک زی شدت به هر گونه تخریبی حساس است، زیرا محیط خاک، زیستگاه آنها و منبع همه مواد مورد نیاز آنها است (Lupwayi et al., 1998). عملیات خاک ورزی و استفاده از طیف وسیعی از آفت کش ها مهم ترین عملیات کشاورزی موثر بر تنوع زیستی خاک هستند. عملیات شخم زیستگاه گروههای کارکردی مهمی از بندپایان خاک‌زی را تغییر می دهد. نتایج مطالعه Marasas et al. (2001) نشان داد که تعداد بی مهرگان جمع‌آوری شده تحت شرایط بدون شخم نسبت به کشت معمول بیشتر است. در این مطالعه تعداد بی‌مهرگان شکارگر، که عمدتاً از خانواده‌های کارابیده و استافیلینیده بودند، در شرایط بدون شخم از کشت معمول بیشتر اما فراوانی بی مهرگان گیاه خوار کمتر بود.

Stolton (2002) اعلام کرده است که جمعیت کرم‌های خاکی به شدت تحت تاثیر عملیات مختلف زراعی نظیر شخم، استفاده از آفت کش‌ها، کود و تناوب محصولات زراعی است. نتایج بررسی Ouedraogo et al. (2006) نشان داد که تحت تاثیر آفت کش‌ها، جمعیت کرم‌های خاکی در مقایسه با شاهد ۱۰۰ درصد کاهش می‌یابد. اثر نامطلوب استفاده از مواد شیمیائی کشاورزی (کودها، آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها) بر مورچه‌ها نیز گزارش شده است. طی یک بررسی استفاده از آفت کش‌ها جمعیت مورچه‌ها را نسبت به شاهد بدون سم ۹۶/۳ درصد کاهش داده است (Lobry de Bruyn, 1999; Ouedraogo et al., 2006). این مطالعه با هدف ارزیابی اثر فعالیت‌های کشاورزی بر ویژگی‌ها و مواد آلی خاک و نیز تنوع و فراوانی بی‌مهرگان خاک زی، به عنوان شاخص‌های مهم در زمینه کیفیت خاک به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۳ در مزارع گندم شهرستان‌های شیروان، مشهد و گناباد انجام شد. بر اساس طبقه‌بندی دومارتن اقلیم شهرستان‌های شیروان، مشهد و گناباد به ترتیب نیمه خشک، نیمه خشک و خشک است. بر مبنای پهنه بندی اقلیمی، اقلیم گناباد، مشهد و شیروان به ترتیب خشک، نیمه خشک شدید و نیمه خشک میانه گزارش شده است. طبق همین گزارش میزان تبخیر پتانسیل در گناباد ۱۶۰۰ میلی متر، در مشهد ۱۱۵۰ میلی متر و در شیروان ۱۰۰۰ میلی‌متر در سال است (Anonymous, 2001; Anonymous, 2005).

خاک موثر بوده و مسئول تغییرات فیزیکی و توزیع مکانی مواد آلی خاک نیز هستند. بر اساس نتایج مطالعه‌ای، با وجود فون خاک حدود ۵۶ گرم کربن آلی با خاک اختلاط یافته بود، در حالیکه در غیاب این موجودات این مقدار کربن به عنوان ریزه‌های گیاهی در سطح خاک باقی مانده بود (Frouz et al., 2006).

فون خاک می‌تواند نقش مهمی در قابلیت دسترسی آب و عناصر غذایی برای محصولات زراعی داشته باشد. نتایج مطالعه Ouedraogo et al. (2006) در آفریقای غربی نشان داد که بی مهرگان خاک زی به طور معنی‌داری باعث افزایش کارائی مصرف آب در سورگوم شده و برای افزایش کارائی مصرف نیتروژن در محصولات مزارع کم نهاده مناطق نیمه خشک آفریقای غربی ضروری هستند. نتایج مطالعه دیگری حاکی از آن است که ماکروفون خاک باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و ظرفیت زراعی خاک گردیده و نقطه پژمردگی را نیز افزایش می دهد، این وضعیت به معنی افزایش آب قابل دسترس و ظرفیت نگهداری آب در خاک است (Frouz et al., 2006). فعالیت‌های حفاری کرم‌های خاکی باعث می‌شود نفوذ آب در خاک بهبود یابد، نفوذ ریشه در خاک تسهیل شود، ترسیب کربن صورت گیرد (حمل مواد آلی سطحی به عمق خاک) و کیفیت ساختمان خاک بهبود یابد (Davidson and Grieve, 2006; Hillel and Rosenzweig, 2005).

بی مهرگان خاک زی در تنظیم آفات نیز نقش مهمی دارند و بسیاری از آنها با کارکرد شکارگری اختصاصی یا غیر اختصاصی، در خاک زندگی می کنند (Huguenin et al., 2006; Marasas et al., 2001; Stolton, 2002). بی مهرگان شکارگر نظیر مورچه ها، هزارپاها، سوسکها، عنکبوت ها و کنه‌ها که معمولاً در خاک زندگی می کنند، از بخش‌های گیاهی بالا رفته و آفات گیاه خوار را شکار می کنند (Sileshi and Mafongoya, 2006). سوسک‌های خانواده کارابیده یکی از مهم ترین بی‌مهرگان خاک زی هستند که در تنظیم جمعیت آفات در زمین‌های زراعی نقش مهمی ایفا می کنند (Heyer et al., 2003) به گونه‌ای که کاهش فراوانی بی‌مهرگان شکارگر که پس از چندین سال شخم معمول صورت می‌گیرد، منجر به افزایش آفاتی خواهد شد که در خاک زندگی می‌کنند (Marasas et al., 2001). بنابراین فراوانی و تنوع جوامع بی مهرگان خاک زی نیز می‌تواند شاخص خوبی برای کیفیت خاک باشد زیرا این موجودات انعکاس دهنده جنبه‌های متفاوتی از کیفیت خاک در ترکیب و فراوانی شان هستند (Velasquez et al., 2007) و با

به عنوان تکرارهای مورد مطالعه از هر سیستم انتخاب گردید. نمونه‌ها در سیستم‌های کشاورزی پرنهاده و کم نهاده مزارع گندمی بودند که مدیریت پرنهاده یا کم نهاده داشتند. مزارع در سیستم کم نهاده بر اساس حداقل مصرف کودهای شیمیایی، حداقل مصرف سموم علف کش، قارچ کش و آفت کش، حداقل انجام عملیات خاک‌ورزی و استفاده از کودهای دامی و رعایت آیش یا تناوب در تولید محصول گندم انتخاب گردیدند. ملاک انتخاب سیستم‌های پرنهاده نیز حداکثر مصرف کودهای شیمیایی، حداکثر مصرف سموم علف کش، قارچ کش و آفت کش، حداکثر عملیات خاک‌ورزی (بطور مکانیزه اداره شوند) و تداوم کشت محصول گندم بوده است (جدول ۱). سیستم طبیعی (مناطق طبیعی) در هر منطقه از نظر اقلیمی و محیطی مشابه سیستم‌های کشاورزی اما به صورت طبیعی مدیریت شده بود. در سیستم‌های طبیعی نیز واحدهای انتخابی (۱۰ واحد) از مناطق طبیعی به عنوان تکرارهای این سیستم مورد ارزیابی قرار گرفتند. کلیه بررسی‌ها در سطح مزارع گندم و واحدهای طبیعی انتخابی به عنوان تکرارهای مورد مطالعه از هر سیستم انجام شد.

شرایط انتخاب مناطق و سیستم‌ها: سه منطقه با میانگین بارندگی سالیانه و میانگین درجه حرارت متفاوت در استان‌های خراسان رضوی و شمالی انتخاب گردید. منطقه گناباد با میانگین بارندگی سالانه ۱۴۸ میلی‌متر و متوسط حرارتی سالانه ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد، منطقه‌ای با حداقل بارندگی سالیانه و حداکثر میانگین حرارتی سالیانه در خراسان رضوی و شیروان با میانگین بارندگی سالانه ۲۶۷/۴ میلی‌متر و متوسط حرارتی سالانه ۱۲/۱ درجه سانتی‌گراد به عنوان منطقه‌ای با حداکثر بارندگی سالیانه و حداقل میانگین حرارتی سالیانه در استان خراسان شمالی و مشهد نیز با میانگین بارندگی سالانه ۲۶۰/۶ میلی‌متر و متوسط حرارتی سالانه ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد در استان خراسان رضوی قرار دارند (Anonymous, 2005).

در هر یک از مناطق دو سیستم کم نهاده و پرنهاده تولید گندم و سیستم طبیعی به عنوان شاخصی برای ارزیابی فعالیت‌های کشاورزی بر ویژگی‌ها و کیفیت خاک و تنوع و فراوانی بی‌مهرگان خاک زی، جهت مطالعه مد نظر قرار گرفتند. جهت بررسی هر یک از سیستم‌ها در مناطق مختلف، ۱۰ نمونه

جدول ۱- میانگین نهاده‌های استفاده شده در هر هکتار از مزارع سیستم‌های کم نهاده و پرنهاده در مناطق مورد مطالعه

نهاده‌ها	شیروان		مشهد		گناباد	
	کم نهاده	پر نهاده	کم نهاده	پر نهاده	کم نهاده	پر نهاده
اوره	۱۴۶ کیلوگرم	۲۶۹ کیلوگرم	۲۴۳ کیلوگرم	۳۱۰ کیلوگرم	کمتر از ۱۰۰ کیلوگرم	۲۵۰ کیلوگرم
فسفات آمونیوم یا سوپر فسفات تریپل	۸۴ کیلوگرم	۱۰۰ کیلوگرم	۱۹۱ کیلوگرم	۳۲۴ کیلوگرم	کمتر از ۵۰ کیلوگرم	۱۶۰ کیلوگرم
سولفات آمونیوم	۰	۳۰ کیلوگرم	۵ کیلوگرم	۲۵ کیلوگرم	۰	۱۰۸ کیلوگرم
قارچ کش	۰	۰	۰/۳۱ کیلوگرم	۰/۷۵ کیلوگرم	۰	۰/۵ کیلوگرم
آفت کش	۰/۶۸ لیتر	۱/۵ لیتر	۰/۲۵ لیتر	۰/۵ لیتر	۰	۰
علف کش	۰	۲۰ گرم	۰	۲۲/۵ گرم	۰	۰
گیاه استار	۰	۰	۰	۰	۰	۰
توفوردی و سایر	۱/۴۲ لیتر	۱/۲۵ لیتر	۰/۱۱ لیتر	۲ لیتر	۰	۰

از نمونه‌ها حذف گردید) به روش معمول و توسط هیدرومتر و پس از تصحیح حرارتی و با استفاده از مثلث بافت خاک تعیین گردید. درصد مواد آلی این نمونه‌ها نیز با استفاده از تیتراسیون بوسیله فرسولفات آمونیوم ۵ درصد اندازه‌گیری شد (McGonigle et al., 2005). به منظور محاسبه درصد مواد آلی خاک و سایر خصوصیات مورد ارزیابی بر اساس وزن خشک خاک، درصد رطوبت خاک بوسیله آون تعیین گردید (Murray et al., 2006). pH نمونه‌های خاک نیز با تهیه سوسپانسیون خاک با نسبت ۱ به ۱ از آب و خاک اندازه‌گیری شد.

تعیین تنوع و فراوانی بی‌مهرگان خاک زی: برای تعیین تنوع و فراوانی بی‌مهرگان خاک زی، ۴۵۰ نمونه خاک برداشت شده از مزارع و واحدهای طبیعی، به طور چشمی مورد بررسی قرار

نمونه برداری و تعیین بافت، pH و مواد آلی خاک: در مرحله پرشدن تا رسیدگی کامل دانه گندم، از خاک هر یک از واحدهای آزمایشی نمونه برداری صورت گرفت. از هر مزرعه یا واحد طبیعی مورد بررسی پنج نمونه خاک با ابعاد ۳۰ سانتیمتر طول، ۳۰ سانتیمتر عرض و ۳۰ سانتیمتر عمق و در مجموع ۴۵۰ نمونه خاک بطور تصادفی برداشت شد. مخلوطی از خاک پنج مکان مورد نمونه برداری در هر مزرعه یا واحد طبیعی تهیه گردید. از این مخلوط نمونه‌ای درون شیشه ریخته شده و پس از بستن درب آن بوسیله پنبه و علامت گذاری، درون یونولیت حاوی یخ قرار داده شد. نمونه‌های خاک مزارع و واحدهای مورد بررسی با شرایط ذکر شده به آزمایشگاه منتقل و برای انجام آزمایشات در یخچال نگهداری شد. بافت ۸۹ نمونه خاک (یکی

سبک‌تر از شیروان بود. در سیستم‌های کم نهاده و پرنهاده در مناطق مورد مطالعه نیز همین روند ملاحظه می‌گردد، گرچه تفاوت بافت خاک در این سیستم‌ها بیشتر است، به ویژه در سیستم پرنهاده شیروان که بافت خاک در مزارع آن سنگین‌تر از همه سیستم‌های مورد مطالعه بود. بنابراین بطور کلی می‌توان گفت که بافت خاک منطقه گناباد سبک‌تر از مناطق مشهد و شیروان و بافت خاک منطقه مشهد سبک‌تر از بافت خاک منطقه شیروان بود.

جدول ۲- بافت و pH خاک در سیستم‌های مورد مطالعه

سیستم‌های مورد مطالعه	بافت خاک	میانگین pH خاک
سیستم طبیعی گناباد	۶۰ درصد لوم شنی xx	۸/۲۷(۰/۰۱)x
	۴۰ درصد لوم رسی شنی	
سیستم کم نهاده گناباد	۷۸ درصد لوم شنی	۸/۰۵(۰/۰۸)
	۲۲ درصد لوم رسی شنی	
سیستم پرنهاده گناباد	۱۰ درصد لوم شنی	۸/۴۲(۰/۰۷)
	۱۰ درصد لوم رسی	
سیستم طبیعی مشهد	۴۰ درصد لوم	۷/۹۵(۰/۰۳)
	۶۰ درصد لوم رسی	
	۳۰ درصد لوم	
سیستم کم نهاده مشهد	۱۰ درصد رس سیلتی	۸/۰۲(۰/۰۱)
	۶۰ درصد لوم رسی	
سیستم پرنهاده مشهد	۷۰ درصد لوم رسی	۷/۹(۰/۰۳)
	۳۰ درصد لوم رسی سیلتی	
سیستم طبیعی شیروان	۱۰ درصد لوم شنی	۷/۵۵(۰/۰۴)
	۲۰ درصد لوم	
سیستم کم نهاده شیروان	۷۰ درصد لوم رسی	۸/۰۵(۰/۰۴)
	۹۰ درصد رسی سیلتی	
سیستم پرنهاده شیروان	۱۰۰ درصد رسی	۷/۹۴(۰/۰۵)

* اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد است.

** درصد از کل نمونه‌های هر سیستم است.

از نظر اکولوژیکی، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها تابع اقلیم است (Nassiri mahallati et al., 2001). آب و هوا (شرایط حرارتی) دو عامل مهم برای تشکیل خاک از سنگ‌های مادری بشمار می‌آیند. هوادیدگی کانی‌ها تحت تاثیر درجه حرارت و رطوبت قابل دسترس بوده و علاوه بر این دو، عوامل زیستی نیز در واکنش‌های هوادیدگی کانی‌ها نقش دارند. گیاهان و میکروب‌های خاک از طریق تغییر pH، تغییر خصوصیات فیزیکی یا با تولید کلات‌های آلی، اسیدهای آلی و CO₂ بر هوادیدگی کانی‌ها موثرند (Egli et al., 2008). گرچه سطح مورد بررسی در مقایسه با سطح کل مناطق مورد

گرفته و بی مهرگان موجود جمع‌آوری شده و فراوانی هر یک نیز ثبت گردید و جهت انجام مراحل بعدی در الکل اتیلیک ۷۰ درصد نگهداری شدند (Sileshi and Mafongoya, 2006). شیشه‌های حاوی نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و نمونه‌های بی مهره بر اساس صفات ظاهری (مورفولوژیکی) بوسیله دست و با بزرگنمایی (توسط بینوکولر) جداسازی (Unsicker et al., 2006) و نمونه‌ای از هر تاکسون نیز جهت شناسایی و تعیین نام علمی به شیشه‌های حاوی الکل اتیلیک ۷۰ درصد منتقل شد. به عبارت دیگر برای تعیین غنای گونه‌ای، از گونه مورفولوژیکی استفاده گردید (Haddad et al., 2001; Unsicker et al., 2006). شیشه‌های حاوی نمونه‌های جمع‌آوری شده جهت تشخیص راسته، خانواده، جنس و گونه بررسی شده و با استفاده از اطلاعات موجود (Borror et al., 1989)، راسته، خانواده و برای تعداد محدودی از نمونه‌ها جنس و گونه مشخص شد (Haddad et al., 2001; Perner et al., 2005; Siemann et al., 1998; Unsicker et al., 2006). جمع‌آوری شده نیز جهت تشخیص به موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی تهران ارسال گردید. میانگین غنای گونه‌ای در هر سیستم بر اساس مجموع غنای گونه‌ای بی مهرگان در هر تکرار آن سیستم (مزرعه یا واحد طبیعی) محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌های جمع‌آوری شده در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. سیستم‌های زراعی و طبیعی به عنوان تیمارهای آزمایش و نمونه‌برداری انجام شده در هر یک از این سیستم‌ها تکرارهای آزمایش بودند. در ارزیابی مناطق، سه منطقه به عنوان تیمارهای آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفته و نمونه‌برداری‌های صورت گرفته در هر منطقه که شامل نمونه‌های هر سه سیستم مورد مطالعه بود، به عنوان تکرارهای این تیمارها مد نظر قرار گرفتند. پس از انجام تجزیه واریانس و در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمارها، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. کلیه عملیات تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (8.2) انجام گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک

بافت خاک: بافت خاک در مناطق و سیستم‌های مورد مطالعه متفاوت بود. همانگونه که در جدول (۲) مشاهده می‌شود بافت خاک در سیستم طبیعی گناباد سبک‌تر از سیستم‌های طبیعی مشهد و شیروان و بافت خاک سیستم طبیعی مشهد نیز

کننده افزایش درجه تکامل خاک و پایداری سیستم‌های طبیعی است (Blecker et al., 2009). بنابراین به نظر می‌رسد در مناطق خشک خاک‌ها تکامل کمتری نشان می‌دهند. این نتیجه می‌تواند در مدیریت خاک سیستم‌های مناطق خشک مد نظر قرار گیرد.

pH خاک

میانگین pH خاک در سیستم‌های مورد مطالعه متفاوت بود. سیستم طبیعی گناباد با میانگین pH معادل ۸/۲۷ بیشترین و سیستم طبیعی شیروان با میانگین pH معادل ۷/۵۵ کمترین مقدار pH را بخود اختصاص دادند و از این نظر سیستم طبیعی شیروان تفاوت قابل توجهی با سایر سیستم‌های مورد مطالعه نشان داد (جدول ۲). در مناطق خشک و نیمه خشک جهان تجمع نمک‌ها در خاک، چه به صورت محلول و چه نامحلول معمول است. به علت کمبود بارندگی نمک‌هایی که از سنگ‌های مادری آزاد می‌شوند، بوسیله شستشو از خاک خارج نمی‌شوند که این وضعیت باعث افزایش pH خاک می‌شود (Nassiri mahallati et al., 2001). pH خاک در سیستم‌های طبیعی مورد مطالعه نیز با توجه به میانگین بارندگی سالیانه تغییر یافته و سیستم طبیعی شیروان با حداکثر میانگین بارندگی سالیانه کمترین مقدار pH خاک را نشان داد.

نکته قابل توجه این است که در همه مناطق، سیستم‌های کشاورزی باعث افزایش pH خاک شده‌اند. آبیاری یکی از عواملی است که می‌تواند باعث افزایش نمک در خاک شود، بویژه در مناطقی که از پتانسیل تبخیر و تعرق بالایی برخوردار هستند (Nassiri mahallati et al., 2001). طی مطالعه‌ای در کانزاس نیز اعلام گردید که مقدار رس و pH خاک سطحی و درصد سدیم قابل تبادل در سیستم‌های کشاورزی تحت آبیاری افزایش یافته است (نقل از Blecker et al., 2009). در منطقه گناباد pH خاک در سیستم پرنهاده بیشتر از سیستم طبیعی بود و در مشهد و شیروان نیز هر دو سیستم کم‌نهاد و پرنهاده باعث افزایش pH خاک گردیده‌اند که این اثر در شیروان شدیدتر بود. به طوری که pH خاک سیستم طبیعی شیروان نسبت به خاک سیستم‌های کشاورزی این منطقه تقریباً ۰/۵ واحد کمتر بود. احتمالاً انجام آبیاری در سیستم‌های کشاورزی مورد مطالعه در تجمع املاح و افزایش pH موثر بوده است. به نظر می‌رسد در منطقه شیروان افزایش pH خاک، ناشی از تخریب ساختمان خاک و ایجاد زه آب در سیستم‌های کشاورزی نیز باشد که از طریق حفظ نمک‌های محلول منجر به افزایش pH خاک شده است. اگرچه در اغلب مطالعات pH خاک در سیستم‌های زراعی

مطالعه قابل توجه نبود، اما می‌توان تفاوت بافت خاک را در مناطق مختلف بر اساس روند تشکیل و تکامل خاک‌ها مورد توجه قرار داد. بارندگی سالیانه و یخبندان زمستانه در منطقه شیروان نسبت به دو منطقه دیگر بیشتر است، لذا احتمالاً سنگین تر بودن بافت خاک این منطقه را می‌توان به شدت هوازدگی سنگ‌های مادری و تاثیر بیشتر عوامل زیستی نسبت داد. اما در گناباد که بارندگی سالیانه، وقوع یخبندان و نقش عوامل زیستی کمتر از سایر مناطق است، بافت خاک نسبت به سایر مناطق سبک تر بود. این موضوع به خوبی در مقایسه سیستم‌های طبیعی مناطق مورد مطالعه ملاحظه می‌شود (جدول ۲).

کانی‌های رس اغلب حاصل هوازدگی در نزدیکی سطح خاک هستند و تشکیل و ثبات آنها به شرایط محیطی بستگی دارد (Egli et al., 2008). در مناطقی که بخش عمده‌ای از سال سطح خاک به وسیله آب پوشیده شده است، تشکیل خاک با بافت رسی عمومیت دارد (Nassiri mahallati et al., 2001). محققین ارتباط بین تجمع کربنات و رس و سال‌های آبیاری را در عربستان سعودی مثبت اعلام کردند (نقل از Blecker et al., 2009). طی مطالعه‌ای در آرژانتین، آبیاری درجه و سرعت هوازدگی خاک‌ها را به نحو قابل توجهی تغییر داده و بر مقدار رس و توزیع آن، رنگ و ساختمان خاک تاثیر داشته است. همچنین گیاهانی نظیر گندم یا یونجه در مقایسه با علفزارها در هوازدگی خاک نقش بیشتری داشته‌اند، اما ظاهراً اثر آنها کمتر از آبیاری بوده است (Blecker et al., 2009). در این مطالعه نیز اثر عوامل موثر بر مقدار رس در بافت خاک را در مقایسه مناطق و نیز سیستم‌های هر منطقه می‌توان ملاحظه نمود و اثر بارز آن در سیستم پرنهاده شیروان قابل مشاهده است. مزارع پرنهاده شیروان در ناحیه‌ای قرار داشتند که سطح آب زیر زمینی بالا بود، آبیاری و عوامل زیستی نظیر گندم و تنوع زیستی همراه آن نیز اثر خود را بر بافت خاک اعمال نموده و لذا در همه این مزارع بافت خاک سنگین تر و رسی بود.

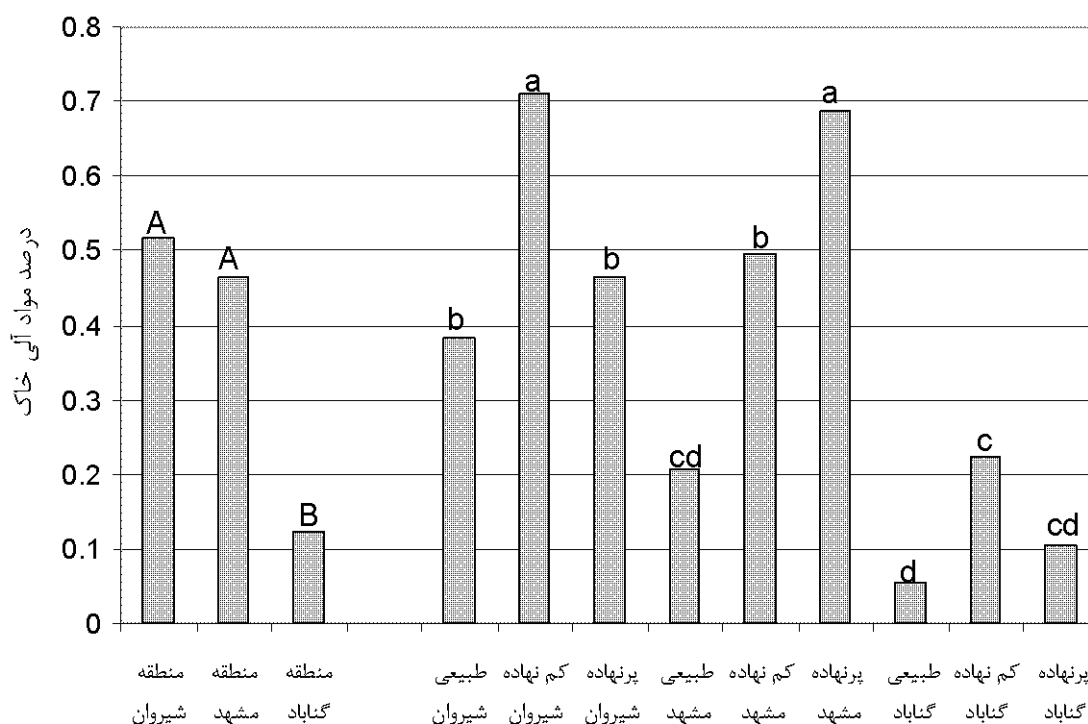
بر اساس نتایج این مطالعه نیز می‌توان روند تکامل خاک‌های مناطق و سیستم‌های مورد مطالعه را تابع سیستم‌های آب و هوایی و عوامل موثر بر تشکیل ذرات خاک دانست. استحکام خاک (توانایی تحمل تنش‌های وارده بدون از دست دادن ساختمان) به مقدار قابل توجهی تحت تاثیر سهم و ترکیب اجزاء جامد خاک است (Ajayi et al., 2009). همچنین بیان شده است که وجود رس و افق‌های سطحی غنی از کربنات بیان

۰/۱۲ درصد مواد آلی در خاک، برتری نشان دادند (شکل ۱). سیستم‌های مورد مطالعه نیز از نظر مواد آلی خاک تفاوت معنی‌داری داشتند. در مقایسه سیستم‌های مورد مطالعه، سیستم‌های کم نهاده شیروان و پرنهاده مشهد به ترتیب با ۰/۷۱ و ۰/۶۹ درصد مواد آلی در خاک، بیشترین مقدار مواد آلی را در خاک نشان دادند. سیستم‌های طبیعی مشهد، پرنهاده گناباد و طبیعی گناباد نیز به ترتیب با ۰/۲۱ و ۰/۱۱ و ۰/۰۵ درصد، کمترین مقدار مواد آلی خاک را به خود اختصاص دادند (شکل ۱).

در محدوده ۷ و یا کمتر گزارش گردیده است اما در بعضی از مطالعات pH بالاتر از ۸ نیز در خاک سیستم‌های زراعی گزارش شده است. (Bonkowski and Schaefer, 1997; Gormsen et al., 2004; Marasas et al., 2001; Parisi et al., 2005; Zhiping et al., 2006)

مواد آلی خاک

درصد مواد آلی خاک مورد تجزیه آماری قرار گرفت. تفاوت مناطق از نظر مواد آلی خاک معنی‌دار بود و مناطق شیروان و مشهد به ترتیب با میانگین ۰/۵۲ و ۰/۴۶ نسبت به گناباد با



شکل ۱- درصد مواد آلی خاک در مناطق و سیستم‌های مورد مطالعه (میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

است. مطالعات متعدد دیگر نیز مقادیر بالاتر از یک درصد را برای مواد آلی خاک گزارش کرده‌اند (Bonkowski and Schaefer, 1997; Parisi et al., 2005; Sileshi and Mafongoya, 2006; Usher et al., 2006). گرچه نتایج بررسی در دو منطقه مرتعی از آذربایجان نشان داد که درصد مواد آلی خاک در آن مناطق نیز پائین و حدود ۰/۳۹ درصد است (Hajeeboland et al., 2004). بنابراین درصد مواد آلی در خاک سیستم‌های طبیعی و کشاورزی مناطق مورد مطالعه بسیار کم بوده و به علت اثراتی که در باروری و پایداری خاک دارد، باید حفظ و افزایش آن بیشتر از نقاط غنی از مواد آلی مورد توجه قرار گیرد.

شرایط اقلیمی نظیر دما و بارندگی، تولید گیاهان، بافت خاک و همراه با آن زهکش داخلی، عملیات کشاورزی، به ویژه عملیات موثر بر نوع و مقدار مواد آلی ورودی به خاک، عوامل

خاک ایده آل از دیدگاه کشاورزی خاکی است که دارای ۴۵ درصد مواد معدنی، ۵ درصد مواد آلی و ۵۰ درصد خلل و فرج باشد که نیمی از این خلل و فرج با آب و نیمی با هوا پر شده باشد (Nassiri mahallati et al., 2001). در مطالعات زیادی که روی اکولوژی خاک و موجودات زنده آن صورت گرفته است، درصد مواد آلی خاک بسیار بیشتر از مقدار موجود در سیستم‌های مورد مطالعه در این تحقیق بوده است (Gormsen et al., 2004; Marasas et al., 2001; Tondoh, 2006). مطالعه Gormsen et al. (2004) مواد آلی در خاکی که مورد ارزیابی بیولوژیک قرار گرفته بود، ۵/۸ درصد ذکر شده است. در مطالعه Marasas et al. (2001) که برای ارزیابی اثر فعالیت‌های کشاورزی بر بندپایان در مزارع گندم آرژانتین انجام شد، درصد مواد آلی خاک بیشتر از ۴ درصد بود. Tondoh (2006) مقدار ۱/۵۳ درصد مواد آلی در خاک را کم ذکر کرده

در منطقه گناباد درصد مواد آلی خاک سیستم پرنهاده مشابه سیستم طبیعی این منطقه بود. درصد مواد آلی خاک در سیستم کم نهاده گناباد بیشتر از سیستم پرنهاده گناباد بود، اما این برتری معنی دار نبود. غیر از حرارت و رطوبت، تهویه خاک، pH و جمعیت میکروبی خاک نیز بر سرعت تجزیه مواد آلی موثر هستند. عملیات شخم باعث افزایش تهویه خاک و در نتیجه خشک شدن آن و افزایش سرعت تجزیه می شود. همچنین شخم دانه بندی خاک را کاهش داده و بنابراین باعث کاهش مواد آلی خاک می‌شود (Nyamadzawo et al., 2009). به نظر می‌رسد با وجود برتری قابل توجه تولید مواد آلی در سیستم‌های کشاورزی گناباد نسبت به سیستم طبیعی این منطقه، عملیات خاک ورزی به علت اثراتی که بر هوادهی و کاهش رطوبت خاک دارد، اثر قابل توجه افزایش تولیدات گیاهی بر درصد مواد آلی خاک را در شرایط اقلیمی گرم و خشک گناباد تعدیل کرده است و از طرف دیگر بافت سبک خاک نیز قادر به حفظ مقدار زیادی از مواد آلی در خاک نبوده است بنابراین در اثر عملیات شخم مواد آلی بیشتر تجزیه شده اند و در نتیجه تفاوت معنی داری بین سیستم های مورد مطالعه در گناباد از این نظر مشاهده نمی شود.

اما در شیروان سیستم کم نهاده برتری قابل توجهی از نظر درصد مواد آلی خاک نسبت به سیستم پرنهاده و طبیعی داشت و دو سیستم اخیر تفاوت معنی داری نشان ندادند. بررسی عملیات خاک‌ورزی در سیستم پرنهاده شیروان نشان دهنده شدت قابل توجه عملیات خاک ورزی در این سیستم است. در مزارع پرنهاده شیروان حداقل ۳ و حداکثر ۱۵ بار و به طور معمول و متوسط ۹-۸ بار از دیسک استفاده می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد با وجود افزایش تولید و مساعد بودن شرایط اقلیمی و ویژگی‌های خاک برای افزایش مواد آلی در سیستم‌های کشاورزی، شدت استفاده از ادوات کشاورزی عامل کاهش درصد مواد آلی خاک باشد. این امر به معنی فرسایش بیشتر خاک است، زیرا مواد آلی خاک، نقش قابل توجهی در حفظ ذرات خاک در ساختمان های مقاوم به فرسایش دارند (Hevia et al., 2003). به نظر می‌رسد که اثر شخم و عملیات کشاورزی بر مواد آلی خاک تحت تاثیر شرایط اقلیمی است. به عبارت دیگر بدون تردید عملیات کشاورزی باعث کاهش مواد آلی خاک می‌شود، اما شدت اثر عملیات کشاورزی از طریق افزایش تولیدات گیاهی، ویژگی‌های خاک و شرایط اقلیمی کاهش می‌یابد اما چنانچه شدت عملیات خاک ورزی بالا باشد، با وجود اثر تعدیل کننده ذکر شده، مواد آلی خاک کاهش خواهد یافت.

مقدار مواد آلی شاخص کیفیت خاک است و به عنوان منبع کربن خاک نقش مهمی در تولید اکوسیستمی، کارکرد

تعیین کننده مواد آلی و کل نیتروژن خاک هستند (Franzluebbers and Stuedemann, 2009). به طور طبیعی تجمع مواد آلی خاک در شرایط بارندگی بیشتر و درجه حرارت کمتر، بیشتر بوده و در شرایط گرمتر و خشک تر، تجزیه مواد آلی بیشتر است (Tisdal et al., 1993). محققین دریافتند که کربن آلی با افزایش بارندگی و مقدار رس خاک افزایش و با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد (نقل از Hevia et al., 2003). ذرات رس از طریق جذب مواد آلی در سطح خود، احاطه مواد آلی یا به دام افتادن مواد آلی خاک در خاکدانه‌ها که آنها را نسبت به میکروارگانیسم‌ها غیر قابل دسترس می‌سازد، باعث نگهداری بیشتر کربن در خاک می‌شوند (Nyamadzawo et al., 2009). ذرات رس نه تنها از نظر فیزیکی مواد آلی را حفظ می کنند، بلکه تشکیل خاکدانه‌های بزرگ بسیار پایدار را نیز بهبود می‌بخشند (Frouz et al., 2007) در حالی که خاک‌های شنی به طور طبیعی نمی‌توانند کربن آلی زیادی در خود نگهدارند (Nyamadzawo et al., 2009). گناباد نسبت به سایر مناطق شرایط گرمتر و خشک‌تری دارد. بنابراین کمتر بودن مواد آلی خاک در این منطقه طبیعی به نظر می‌رسد، زیرا به علت شرایط نامساعد اقلیمی میزان تولید مواد آلی در این منطقه پائین تر و تجزیه مواد آلی بیشتر است و ذرات رس نگهدارنده ترکیبات آلی نیز کمتر هستند.

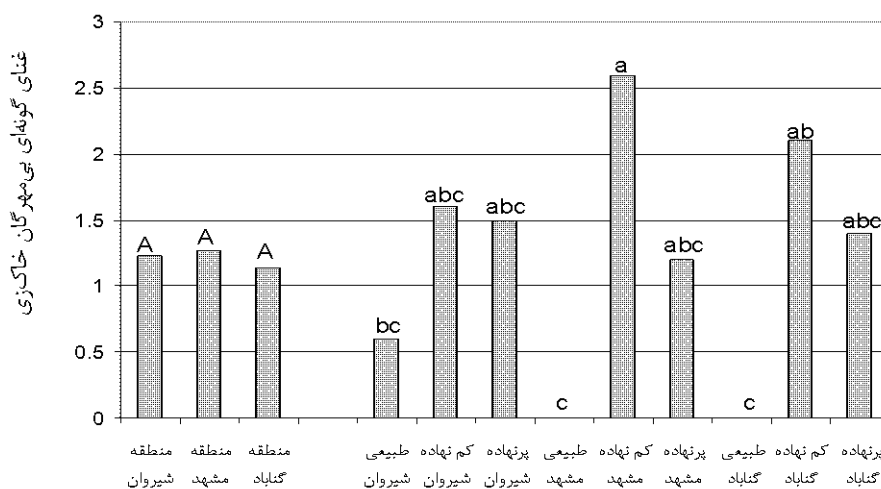
مقایسه سیستم‌های طبیعی مورد بررسی نشان می‌دهد که درصد مواد آلی خاک سیستم طبیعی شیروان بیشتر از سیستم طبیعی مشهد و سیستم طبیعی مشهد بیشتر از سیستم طبیعی گناباد است که با توجه به تفاوت بارندگی، درجه حرارت و بافت خاک و اثر آنها بر مواد آلی خاک این نتیجه قابل انتظار است. سیستم‌های کشاورزی از نظر مواد آلی خاک برتری قابل‌توجهی نسبت به سیستم‌های طبیعی نشان دادند. آبیاری و مصرف کود از طریق تاثیر بر تولید، باعث افزایش بقایای گیاهی شده و مواد آلی خاک را افزایش می‌دهند (Tisdal et al., 1993). افزایش مواد آلی ناشی از آبیاری به نظر می‌رسد در نتیجه ترکیبی از افزایش تولید و کاهش تجزیه باشد (Blecker et al., 2009). در سیستم‌های کشاورزی خاک مدت زمان بیشتری مرطوب است، این وضعیت نیز باعث کاهش سرعت تجزیه مواد آلی می شود. در مناطق مورد مطالعه نیز اثر این عوامل بر درصد مواد آلی خاک مشخص است و به نظر می رسد که گرچه عموماً بخش قابل توجهی از گیاه گندم از مزرعه برداشت می‌شود، اما بقایای گیاهی و مواد آلی ناشی از ریشه گندم در سیستم‌های زراعی، مواد آلی خاک را افزایش داده است.

افزایش تولید مواد آلی و کاهش تجزیه آنها و نیز تغییر بافت خاک باعث افزایش مواد آلی خاک در همه مناطق شده‌اند و از آنجا که افزایش کمیت و کیفیت مواد آلی خاک منجر به افزایش تنوع زیستی خاک می‌شود، احتمالاً باعث بهبود کیفیت خاک گردیده‌اند (Ouedraogo et al., 2006).

تنوع بی مهرگان خاک زی

بر اساس نتایج تجزیه آماری، غنای گونه‌ای بی مهرگان خاک‌زی، که همه بی‌مهرگان جمع آوری شده شامل لارو و حشره کامل را در بر می‌گیرد، در مناطق مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد. میانگین غنای گونه‌ای بی مهرگان خاک‌زی در مشهد ۱/۲۷، در شیروان ۱/۲۳ و در گناباد ۱/۱۴ بود (شکل ۲). اما سیستم‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری از نظر غنای گونه‌ای بی مهرگان خاک‌زی نشان دادند. حداکثر غنای گونه‌ای بی‌مهرگان خاک‌زی ۲/۶ و در سیستم کم نهاده مشهد مشاهده شد و سیستم پر نهاده مشهد با میانگین ۱/۲ گونه حداقل غنای گونه‌ای را نشان داد (شکل ۲). در مقایسه سیستم‌های مورد مطالعه، سیستم‌های طبیعی حداقل غنای گونه‌ای بی مهرگان خاک‌زی را به خود اختصاص دادند.

اکوسیستم‌ها و حاصلخیزی زمین‌های زراعی دارد (Lal, 1997; Lal, Pan et al., 2009) تجمع مواد آلی را در خاک حالت برد- برد می‌داند، او معتقد است که مواد آلی خاک علاوه بر افزایش عملکرد محصولات زراعی به امنیت غذایی در جهان نیز کمک می‌کند (نقل از Pan et al., 2009). با توجه به نتایج این پژوهش، شیوه کنونی عملیات خاک‌ورزی در مناطق خشک، نظیر آنچه که در گناباد اتفاق می‌افتد، مناسب به نظر نمی‌رسد. در مشهد و شیروان شرایط محیطی بهتر است و اثر عملیات خاک‌ورزی تحت تاثیر شرایط محیطی مناسب تعدیل می‌شود. اما اگر در این مناطق نیز عملیات خاک‌ورزی شدید باشد، مواد آلی خاک کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر در مناطق مشهد و شیروان می‌توان عملیات خاک‌ورزی بیشتری نسبت به گناباد انجام داد، اما در این مناطق نیز حد آستانه‌ای برای این عملیات وجود دارد که نباید از آن تجاوز شود، تا مواد آلی به عنوان عامل اصلی حاصلخیزی خاک کاهش نیابند. زیرا گزارش شده است که یک درصد افزایش مواد آلی در خاک باعث افزایش ۰/۴۳ تن تولید غله در هکتار می‌گردد (Pan et al., 2009). بنابراین به طور کلی سیستم‌های کشاورزی از طریق



شکل ۲- غنای گونه‌ای بی مهرگان خاک‌زی در مناطق و سیستم‌های مورد مطالعه (میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

نمونه‌گیری قرار می‌گرفت، به علت عدم امکان تعیین دقیق فراوانی آنها فقط به کلنی مورچه‌ها اشاره شده است. با وجود ۱۰۰ مورد نمونه‌برداری تا عمق ۳۰ سانتیمتری خاک در سیستم‌های طبیعی مشهد و گناباد هیچ گونه بی مهره خاک‌زی مشاهده نگردید. بنابراین به طور کلی فراوانی بی‌مهرگان خاک‌زی در سیستم‌های طبیعی قابل توجه نبود.

جداول (۳)، (۴) و (۵) راسته‌ها، زیر رده‌ها و فراوانی بی‌مهرگان خاک‌زی جمع‌آوری شده از سیستم‌های کشاورزی مناطق مختلف را نشان می‌دهد. حداقل تعداد راسته و زیر رده

فراوانی بی مهرگان

طی بررسی همه نمونه‌های خاک سیستم طبیعی شیروان شش گونه حشره مشاهده شد. یک لارو سفید کوچک از راسته دیپلانا (Diptera)، ۵ عدد موربانه، یک عدد حشره کوچک از راسته Psocoptera، یک عدد لارو صورتی رنگ کوچک، یک عدد حشره ناشناخته و یک کلنی مورچه، بی‌مهرگان جمع‌آوری شده طی ۵۰ مورد نمونه‌برداری از سیستم طبیعی شیروان بودند. گاهی تعداد مورچه‌ها قابل شمارش بوده که تعداد آنها ثبت گردیده، اما چنانچه لانه مورچه‌ها بطور تصادفی در کادر

شناسایی شده (۳ راسته) در سیستم پرنهاده گناباد ملاحظه گردید. سیستم‌های کم نهاده مشهد و گناباد ۴ راسته و زیر رده شناسایی شده داشتند و سایر سیستم‌ها با داشتن ۵ راسته و زیر رده شناسایی شده بیشترین مقدار را از این جهت نشان دادند.

مورچه‌ها (راسته Hymenoptera) در همه سیستم‌های کشاورزی مورد مطالعه مشاهده شدند. در حالی که Lobry de Bruyn (1999) گزارش کرده که غنای گونه‌های مورچه‌ها تقریباً همیشه در زمین‌های زراعی کمتر از مناطق طبیعی است. پس از راسته Hymenoptera (مورچه‌ها)، حشرات راسته Coleoptera بیشترین فراوانی را در سیستم‌های کشاورزی داشته و در حقیقت تنها راسته‌ای است که از همه سیستم‌های کشاورزی مورد مطالعه جمع‌آوری شد. در مطالعه‌ای که روی حشرات خاک‌زی صورت گرفت، راسته Coleoptera حداکثر تنوع و فراوانی گونه را نسبت به سایر راسته‌ها نشان داد

(Silesi and Mafongoya, 2006). (Marasas et al., 2001) طی مطالعه‌ای نشان دادند که در سیستم‌های تولید گندم آرژانتین نیز راسته Coleoptera حداکثر تنوع و فراوانی گونه‌ای را داشته و خانواده‌های متعددی از این راسته را شناسایی کردند. خانواده Carabidae، خانواده‌ای با غنای گونه‌ای بالا از راسته Coleoptera است که سهم زیادی در تنوع زیستی خاک اکوسیستم‌های کشاورزی دارد (Marasas et al., 2001; Parisi et al., 2005; Ouedraogo et al., 2006). این خانواده شامل حشرات شکارگر، گیاه خوار و ریزه خوار است (Doring et al., 2003; Marasas et al., 2001). Staphylinidae از این راسته نیز جزء شکارگران خاک‌زی بشمار می‌آیند و حشرات خانواده Chrysomelidae از این راسته در گروه گیاه خواران قرار می‌گیرند (Silesi and Mafongoya, 2006).

جدول ۳- فراوانی، راسته‌ها و زیر رده‌های بی مهرگان خاک‌زی در سیستم‌های کشاورزی شیروان

سیستم کم نهاده		سیستم پرنهاده	
فراوانی	راسته	فراوانی	راسته
۶	Aranea (عنکبوتیان)	۱	Aranea (عنکبوتیان)
۱	Acari (کنه‌ها)	۸	Coleoptera (Carabidae)
۱	Coleoptera (Carabidae)	۲۰	Hymenoptera (Formicidae) (مورچه‌ها)
۶	Coleoptera (Staphylinidae)	۲	Isopoda (راسته خرخاکی)
۱۱	Hymenoptera (Formicidae) (مورچه‌ها)	۱۲	کرم خاکی
۱	Isopoda (راسته خرخاکی)	۵	حشره ناشناخته
۱	حشره ناشناخته	۱	لارو ناشناخته
۳	لارو ناشناخته		
۳۰	جمع	۴۹	جمع

جدول ۴- فراوانی، راسته‌ها و زیر رده‌های بی مهرگان خاک‌زی در سیستم‌های کشاورزی مشهد

سیستم کم نهاده		سیستم پرنهاده	
فراوانی	راسته	فراوانی	راسته
۳	Coleoptera	۳	Coleoptera (Carabidae)
۲	Coleoptera (Carabidae)	۱	Diptera (Tachinidae)
۱۲	Coloptera (Chrysomelidae)	۱	Isopoda (راسته خرخاکی)
۱	Coleoptera (Staphylinidae)	۱	کرم خاکی
۱	Diptera	۷	لارو ناشناخته
۸	Isopoda (راسته خرخاکی)	دو کلنی	Hymenoptera (Formicidae) (مورچه‌ها)
۴	حشره ناشناخته	۱۳	جمع
۱۲	لارو ناشناخته		
دو کلنی	Hymenoptera (Formicidae) (مورچه‌ها)		
۴۳	جمع		

پائین است. نتایج بررسی در منطقه‌ای با بارندگی سالانه ۱۱۳۸ میلی متر نشان داد که کرم‌های خاکی طی ماه‌های خشک سال تراکم کمتری دارند (۶۷ و ۸۶ عدد در متر مربع) و تراکم‌های بالا (۱۲۰، ۲۱۴ و ۱۶۷ عدد در متر مربع) طی ماه‌های

کرم‌های خاکی فقط در سیستم‌های کم نهاده گناباد، پرنهاده شیروان و پرنهاده مشهد مشاهده شدند. نتایج مطالعه Zhiping et al. (2006) حاکی از این است که فراوانی کرم‌های خاکی در خاک‌های حاصلخیز بیشتر از خاک‌های با حاصلخیزی

فراوانی کرم های خاکی در سیستم های مورد مطالعه کمبود رطوبت بوده است و انجام آبیاری در سیستم های کشاورزی باعث بهبود شرایط زیست و در نتیجه حضور این جانوران گردیده است. لازم به ذکر است که یکی از دلایل ترسیب کربن بیشتر در لایه های معدنی خاک، اختلاط مواد آلی و معدنی خاک بوسیله کرم های خاکی است (Frouz et al., 2006).

مرطوب تر ثبت شدند. بر اساس نتایج این بررسی میانگین فراوانی کرم های خاکی، در خاکی با ۱/۵ درصد مواد آلی، ۱۴۷ عدد در متر مربع بوده است. همچنین گزارش شده است که در شرایط اقلیمی نامساعد با بارندگی سالیانه کمتر از ۴۰۰ میلی متر، کرم خاکی کمتری در خاک مشاهده می شود (Tondoh, 2006). بنابراین به نظر می رسد یکی از دلایل اصلی کاهش

جدول ۵- فراوانی، راسته ها و زیر رده های بی مهرگان خاک زی در سیستم های کشاورزی گناباد

سیستم کم نهاده		سیستم پر نهاده	
راسته	فراوانی	راسته	فراوانی
Coleoptera	۱	Coleoptera	۱
Coleoptera (Carabidae)	۲	Coleoptera(Carabidae)	۳
Hymenoptera (Formicidae) (مورچه ها)	۱	Coleoptera (Staphylinidae)	۱
حلزون	۱۲	Dermaptera	۱
کرم خاکی	۱۰	Hymenoptera (Formicidae) (مورچه ها)	۲
حشره ناشناخته	۵	حشره ناشناخته	۳
لارو ناشناخته	۱	لارو ناشناخته	۲
شفیره	۳	شفیره	۱
جمع	۴۵	جمع	۱۴

سطح و چه در زیر خاک)، عملیات خاک ورزی، رطوبت و حرارت بی مهرگان خاک زی را تحت تاثیر قرار می دهد. وجود بقایای گیاهی در سطح خاک علاوه بر تامین غذای بی مهرگان خاک زی باعث تغییرات میکروکلیمائی نیز می شود. زیرا باعث کاهش برخورد اشعه خورشید به سطح خاک شده و درجه حرارت خاک را کاهش داده و بطور غیر مستقیم مقدار آب خاک را افزایش خواهد داد که این شرایط برای رشد و نمو بی مهرگان خاک زی مناسب است. تجمع مواد آلی در خاک باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک شده و از این طریق نیز بر جمعیت بی مهرگان خاک زی، بویژه کرم های خاکی تاثیر می گذارد (Sileshi and Mafongoya, 2006). Giller et al. (1997) با مروری بر عوامل موثر در تنوع زیستی جوامع خاک زی، گزارش کردند که تخریب خاک بوسیله شخم عامل مهمی در کاهش تنوع زیستی بشمار می آید. این تخریبها از طریق کاهش مقدار آب، تخریب مکانیکی، فشردگی خاک، کاهش حجم و مقدار منافذ و مختل کردن دسترسی به مواد غذایی اثر خود را اعمال می کنند. Marasas et al. (2001) نیز طی مطالعه ای نشان دادند که عملیات خاک ورزی اثر قابل توجهی بر فعالیت گروه های بندپایان خاک زی دارد و فعالیت حشرات شکارگر در شرایط بدون شخم بیشتر است. زیرا در سیستم بدون شخم اثر ادوات مکانیکی بر خاک کمتر می شود و پوشش دائمی خاک زیستگاه مناسبی برای حمایت یا تغذیه حشرات خاک زی بشمار آمده و فعالیت و دوام و فراوانی آنها را تضمین می کند. آنها

خرخاکی (راسته Isopoda) غیر از سیستم های منطقه گناباد، در سایر سیستم های کشاورزی مشاهده شد. Jones et al. (1994) گزارش کرده اند که بی مهرگان راسته مساوی پایان (خر خاکی از این راسته است) در تنظیم فرسایش خاک و واکنش های شوری زدائی خاک در حوزه های آبریز موثر هستند. عنکبوت ها (رده Aranea) و کنه ها (زیر رده Acari) نیز فقط در سیستم های کشاورزی شیروان مشاهده شدند. از خاک سیستم کم نهاده گناباد حلزون نیز جمع آوری شد که نسبت به سایر حشرات فراوانی آنها قابل توجه بود. این حلزون ها متعلق به خانواده Thiaridae با نام های علمی *Melanoides tuberculata* و *Melanopsis doriae* بودند، این حلزون ها گیاه خوار هستند. راسته های شناسائی شده در این مطالعه توسط محققین جزء جوامع بی مهرگان خاک زی گزارش شده اند (Parisi et al., 2005). بطور نسبی فراوانی بی مهرگان خاک زی در سیستم های مورد بررسی بسیار کم بود (Marasas et al., 2001; Sileshi and Mafongoya, 2006). به عنوان مثال Tondoh (2006) در یک بررسی وجود ۲۰۰ عدد کرم خاکی را در متر مربع گزارش کرده است. اما با این وجود Sileshi and Mafongoya (2006) معتقدند حتی در مناطقی که فراوانی بی مهرگان خاک زی پائین است، این موجودات از طریق تاثیر بر واکنش های ساختمانی و زیستی خاک، تنظیم کننده مهم چرخه مواد غذایی هستند. ورود مواد آلی به خاک از طریق بقایای گیاهان (چه در

کاهش داده و مناطق مساعد را به بیابان تبدیل خواهد نمود. در حالیکه خاک منبعی غیر قابل تجدید بوده و برای تداوم تولید غذا و الیاف، حفظ سلامت آن ضروری است (Lal, 1997; Lobry de Bruyn, 1997). توزیع مجدد مواد آلی و میکروارگانیسم‌ها، ایجاد منافذ برای حرکت آب و هوا و مواد غذایی، بهبود هوموس سازی، تولید ضایعات آلی، اثر متقابل با سایر موجودات خاک زی، خرد کردن بقایای گیاهی و توزیع آن در پروفیل خاک و تحریک فعالیت‌های میکروبی کارکردهای مفید بی مهرگان خاک‌زی هستند (Frouz et al., 2007; Lobry de Bruyn, 1997). بنابراین یکی از دلایل شکننده بودن اکوسیستم‌های مناطق خشک، تنوع و فراوانی پائین عوامل مفیدی نظیر بی‌مهرگان خاک زی است.

نابودی بی‌مهرگان خاک زی کنترل طبیعی آفات را نیز دچار اختلال خواهد نمود، طغیان آفات متعدد خاک زی در اثر نابودی دشمنان طبیعی آنها صورت می‌گیرد و عملیات کشاورزی، بویژه خاک ورزی و استفاده از نهاده‌ها، نقش موثری در نابودی بی‌مهرگان شکارگر دارد. طبق نظر Ouedraogo et al. (2006) عملیات کشاورزی نظیر شخم فشرده خاک و کاربرد آفت کش‌ها که باعث حذف بخش سودمند بی‌مهرگان خاک زی می‌شوند، بویژه در سیستم‌های کشاورزی کم نهاده، باید کنار گذاشته شوند. دانشمندان در کشاورزی پرنهاده اغلب فقط بخشی از بی‌مهرگان خاک زی را مد نظر قرار داده‌اند که بر رشد محصولات زراعی اثرات منفی دارند و معمولاً سعی دارند با استفاده از روش‌های شیمیائی آنها را نابود کنند. در حالی که بسیاری از روش‌های کنترل شیمیائی باعث ایجاد انتخاب برای آفات مهاجم و مقاوم می‌شود. دشمنان طبیعی آفات، که بوسیله تخریب زیستگاهشان تضعیف شده‌اند، معمولاً به عنوان قربانیان غیر هدف در کشاورزی پرنهاده نابود می‌شوند (Lavelle et al., 2006).

فراوانی بی‌مهرگان خاک زی در سیستم‌های کشاورزی به مراتب بیشتر از سیستم‌های طبیعی بود. زیرا سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک از طریق افزایش ورود مواد آلی به خاک و نیز ایجاد شرایط مرطوب که برای سهولت جایگزینی بی‌مهرگان در خاک ضروری است، باعث افزایش تنوع زیستی بی‌مهرگان خاک زی شده‌اند. اما با توجه به فراهم بودن شرایط مساعدتر در سیستم‌های کشاورزی، احتمالاً عملیات خاک ورزی اثر قابل ملاحظه‌ای بر این موجودات اعمال نموده است، زیرا فراوانی بی‌مهرگان خاک زی در این سیستم‌ها نیز قابل توجه

همچنین ذکر کرده‌اند که کاهش عملیات خاک ورزی از جمله عدم برگردان خاک، نقشی مشابه سیستم‌های بدون شخم را اعمال می‌کند، اگرچه خاک زیر کشت مداوم گندم باشد. بنابراین اگر در مجموع وجود مواد آلی، رطوبت، عملیات خاک ورزی و شرایط اقلیمی را عوامل موثر بر بی‌مهرگان خاک زی در نظر بگیریم (Marasas et al., 2001; Sileshi and Mafongoya, 2006; Tondoh, 2006; Zhiping et al., 2006) تفاوت سیستم‌های مورد مطالعه مشخص خواهد شد. در سیستم‌های طبیعی مشهد و گناباد به دلیل پایین بودن مواد آلی و بقایای گیاهی در خاک و نیز شرایط رطوبتی نامناسب، بی‌مهرگان خاک‌زی مشاهده نشدند. با مساعد شدن شرایط از جمله بارندگی بیشتر، حرارت کمتر و نیز درصد مواد آلی بیشتر خاک در سیستم طبیعی شیروان، زمینه حضور این موجودات مفید فراهم می‌شود. بنابراین احتمالاً وضعیت اقلیمی، بویژه بارندگی، چه بطور مستقیم از طریق افزایش رطوبت خاک و چه غیر مستقیم با اثر بر تولیدات گیاهی و افزایش مواد آلی در خاک، شرایط مساعد برای فعالیت بی‌مهرگان خاک زی را فراهم کرده است.

نکته قابل توجه این است که تنوع و فراوانی قابل ملاحظه‌ای از این بی‌مهرگان در خاک سیستم‌های طبیعی این مناطق مشاهده نمی‌شود. به عنوان نمونه گرم‌های خاکی که مهندسين اصلی اکوسیستمی بشمار آمده و نقش قابل توجهی در بهبود ساختمان خاک و اختلاط مواد آلی با خاک، تشکیل خاکدانه و نیز ایجاد منافذ خاک دارند (Frouz et al., 2006; Velasquez et al., 2007; Frouz et al., 2007). به تعداد بسیار کمی آن هم در سیستم‌های کشاورزی مشاهده می‌شوند که به این جهت قادر به اعمال اثرات مفید خود نیستند. لذا دقت کافی در مدیریت سیستم‌های کشاورزی ضروری است تا زیستگاه اصلی این بی‌مهرگان دچار آسیب نشده و در اثر فعالیت‌های نامناسب بطور کلی از محیط حذف نشوند. این موجودات با نقش‌های متعددی که در خاک ایفا می‌کنند، قادر خواهند بود مقداری از اثرات منفی فعالیت‌های کشاورزی را بر کیفیت خاک کاهش دهند. سایر بی‌مهرگان خاک زی، به عنوان یک نیروی طبیعی که با استفاده از مواد آلی و بقایای گیاهی شرایط مساعد برای رشد گیاه را در خاک فراهم می‌کنند نیز در سیستم‌ها و مناطق مورد مطالعه حضور کم رنگی دارند. با توجه به تنوع زیستی پایین در مناطق خشک، چنانچه همین فراوانی و غنای گونه‌ای کم نیز از سیستم‌ها حذف شود، جایگزینی برای اعمال اثرات آنها وجود نداشته و فرسایش خاک ناشی از مدیریت نامناسب سیستم‌های کشاورزی، حاصلخیزی خاک را بشدت

سیاسگزاری

از زحمات سرکار خانم دکتر احمدی محقق محترم موسسه گیاهپزشکی کشور برای شناسایی حلزونها تشکر می‌شود.

نیست. بنابراین به علت اثرات منفی فعالیت های کشاورزی، بویژه خاک ورزی، بر بی مهرگان خاک زی مدیریت صحیح مبتنی بر حفظ تنوع زیستی خاک، به ویژه بی مهرگان خاک زی در سیستم های کشاورزی این مناطق اهمیت زیادی دارد.

REFERENCES

- Ajayi, A. E., Junior, M. de S. D., Curi, N., Gontijo, I., Araujo-Junior, C. F. and Vasconcelos Junior, A. I. (2009). Relation of strength and mineralogical attributes in Brazilian latosols. *Soil & Tillage Research*, 102, 14-18
- Anonymous. (2001) Synthesis studies of Khorasan agriculture. Vol. 1, weather and climate. Tam-Visan consulting engineers. (In Farsi)
- Anonymous. (2005) *Yearly statistics of Khorasan provinces*. Issues no. 28. (In Farsi)
- Blecker S.W., Connolly, S.C., Cardon, G.E. and Kelly, E.F. (2009). The role of mining and agricultural activity in creating coexisting but divergent soils, San Luis Valley, Colorado, USA. *Geoderma*, 148, 384-391
- Bonkowski, M. and Schaefer, M. (1997). Interactions between earthworms and soil protozoa: atrophic component in the soil food web. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 499-502
- Borror, D.J., Triplehorn, C.A. and Johnson, N.F. (1989). *An introduction to study of insects*. Saunders College Publishing Co, Philadelphia.
- Davidson, D.A. and Grieve, I.C. (2006). Relationships between biodiversity and structure and function: evidence from laboratory and field experiments. *Applied Soil Ecology*, 33, 176-185
- Doring, T.F., Hiller, A., Wehke, S., Schutte, G. and Broll, G. (2003). Biotic indicators of Carabid species richness on organically and conventionally managed arable fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98, 133-139
- Egli M., Mirabella, A. and Sartori, G. (2008). The role of climate and vegetation in weathering and clay mineral formation in late Quaternary soils of the Swiss and Italian Alps. *Geomorphology*, 102, 307-324
- Franzluebbers A.J. and Stuedemann, J.A. (2009). Soil-profile organic carbon and total nitrogen during 12 years of pasture management in the Southern Piedmont USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129, 28-36
- Frouz J., Elhottova, D., Kuraz, V. and Sourkova, M. (2006). Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: Results of a field microcosm experiment. *Applied Soil Ecology*, 33, 308-320
- Frouz J., Elhottova, D., Pizl, V., Tajovsky, K., sourkova, M., Picek, T., and Maly, S. (2007). The effect of litter quality and soil faunal composition on organic matter dynamics in post-mining soil: A laboratory study. *Applied Soil Ecology*, 37, 72-80
- Giller, K.E., Beare, M.H., Lavelle, P., Izac, A.-M.N. and Swift, M.J. (1997). Agricultural intensification, Soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology*, 6, 3-16.
- Gormsen, D., Olsson, P.A., and Hedlund, K. (2004). The influence of collembolans and earthworms on AM fungal mycelium. *Applied Soil Ecology*, 27, 211-220
- Haddad, N.M., Tilman, D., Haarstad, J., Ritchie, M. and Knops, J.M.H. (2001). Contrasting effects of plant richness and composition on insect communities: a field experiment. *American Naturalist*, 158, 17-35
- Hajeeboland, R., Asgharzadeh, N. and Mehrfar, Z. (2004). Ecological Study of Azotobacter in Two pasture lands of the North-west Iran and its Inoculation Effect on Growth and Mineral Nutrition of Wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Omid) Plants. *Journal of Agricultural & Natural Resources, Science and Technology of Isfahan University*, 8(2), 75-90.
- Hernandez-Ruiz, P. and castano-Meneses, G. (2006). Ants (Hymenoptera : Formicidae) diversity in agricultural ecosystems at Mezquital Valley , Hidalgo, Mexico. *European Journal of Soil Biology*, 42, 208-212
- Hevia G.G., Buschiazzo, D.E., Hepper, E.N., Urioste, A.M. and Anton, E.L. (2003). Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, soil texture and management. *Geoderma*, 116, 265-277
- Heyer, W., Hulsbergen, K.-J., Wittman, Ch., Papaja, S. and Christen, O. (2003). Field related organisms as possible indicators for evaluation of land use intensity. *Agriculture, ecosystems and Environment*, 98, 453-461
- Hillel, D. and Rosenzweig, C. (2005). The role of biodiversity in agronomy. *Advances in Agronomy*, 88, 1-34
- Huguenin, M.T., Legget, C.G. and Paterson, R.W. (2006). Economic valuation of soil fauna. *European Journal of Soil Biology*, 42, 16-22
- Jones, C.G., Lawton, J.H. and Shackak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69, 373-386
- Karlen D.L., Each, N.S. and Unger, P.W. (1992). Soil and crop management effects on soil quality indicators. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7, 48-55
- Lal R. (1997). Degradation and resilience of soils. *Philosophical Transaction of the Royal Society London, Biological Science*. B, 352, 997-1010
- Lavelle, P., Decaens, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora P., and Rossi, J.P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of soil Biology*, 42, 3-15
- Lobry de Bruyn L.A. (1997). The status of soil macrofauna as indicators of soil health to monitor the sustainability of Australian agricultural soils. *Ecological Economics*, 23, 167-178

- Lobry de Bruyn L.A. (1999). Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 425-441
- Lupwayi, N.Z., Rice, W.A. and Clayton, G.W. (1998). Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation. *Soil Biology and Biochemistry*, 30, 1733-1741
- Marasas, M.E., Sarandon, S.J. and Cicchino, A.C. (2001). Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. *Applied Soil Ecology*, 18, 61-68
- Mc Gonigle, T.P., Chambers, M.L. and White, G.J. (2005). Enrichment over time of organic carbon and available phosphorous in semiarid soil. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 1617-1626
- Murray, P.J., Cook, R., Currie, A.F., Dawson, L.A., Gange, A.C., Grayston, S.J. and Treonis, A.M. (2006). Interactions between fertilizer addition, plants and the soil environment : Implications for soil faunal structure and diversity. *Applied Soil Ecology*, 33, 199-207
- Nassiri mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani, P. and Beheshti, A. (2001) *Agroecology*. 453 pp. Ferdowsi university of Mashhad Publishers. (In Farsi)
- Nyamadzawo G., Nyamangara, J., Nyamugafata, P. and Muzulu, A. (2009). Soil microbial biomass and mineralization of aggregate protected carbon in fallow-maize systems under conventional and no-tillage in Central Zimbabwe. *Soil & Tillage Research*, 102, 151-157
- Ouedraogo, E., Mando, A. and Brussaard, L. (2006). Soil macrofauna affect crop nitrogen and water use efficiencies in Semi-arid West Africa. *European Journal of Soil Biology*, 42, 275-277
- Pan G., Smith, P. and Pan, W. (2009). The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129, 344-348
- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C. and Mozzanica, E. (2005). Microarthropod community as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 105, 323-333
- Perner J., Wytrykush, C., Kahmen, A., Buchman, N., Egerer, I., Creutzburg, S., Odat, N., Audorff, V. and Weisser, W.W. (2005). Effects of plant diversity, plant productivity and habitat parameters on arthropod abundance in montane European grasslands. *Ecography*, 28, 429-442
- Pimentel D., Wilson, C., Mccullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T. and Cliff, B. (1997). Economic and Environmental benefits of biodiversity. *Bioscience*, 47, 747-757
- Reeves D.W. 1997. The of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 43, 131-167
- Siemann, E., Tilman, D., Haarstad, J. and Ritchie, M.E. (1998). Experimental tests of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. *American Naturalist*, 152, 738-750
- Sileshi, G. and Mafongoya, P.L. (2006). Long-term effect of improved legume fallows on soil invertebrate macrofauna and maize Yield in eastern Zambia. *Agriculture ecosystems and Environment*, 115, 69-78
- Stolton, S. 2002. *Organic agriculture and biodiversity*. IFOAM World Board. Dossier 2. 137- and 77
- Tisdal, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. and Havlin, J.L. (1993). *Soil Fertility and Fertilizers* (5th ed.). Mac Millan.
- Tondoh, J.E. (2006). Seasonal changes in earthworm diversity and community structure in central Cote d'Ivoire. *European Journal of Soil Biology*, 42, 334-340
- Unsicker, S.B., Baer, N., Kahmen, A., Wagner, M., Buchmann, N. and Weisser, W.W. (2006). Invertebrate herbivory along a gradient of plant species diversity in extensively managed grasslands. *Oecologia*, 150, 233-246
- Usher, M.B., Sier, A.R.J., Hornung, M. and Millard, P. (2006). Understaing biological diversity in soil: the UK'S soil biodiversity research program. *Applied Soil Ecology*, 33, 101-113
- Velasquez E., Lavelle, P. and Andrade, M. (2007). GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 3066-3080
- Zhiping, C., Yuhui, Q., Baoqing, W. and Qin, X. (2006). Influence of agricultural intensification on the earthworm community in arable farmland in the North china plain. *European Journal of Soil Biology*, 42, 362-366

