

بررسی اثر کوتاه‌مدت خاک‌ورزی و کاربرد کود گاوی بر روی جمعیت جانوران خاک تحت کشت ذرت

جبار مرادی^{۱*}، حسینعلی بهرامی، محمد حسین سدری و حسین بشارتی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشکده تربیت مدرس؛ Moradi.jabbar@yahoo.com

دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس؛ Bahramih@modares.ac.ir

مرئی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان؛ Sedri_mh@yahoo.com

دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ besharati1350@yahoo.com

چکیده

خاک‌ورزی از مهمترین اجزاء سیستم‌های مدیریت خاک در راستای کشاورزی پایدار محسوب می‌شود که جمعیت و تنوع جانداران خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین علت اطلاع داشتن از اثرات کوتاه و دراز مدت خاک‌ورزی بر روی جانداران خاک به انتخاب سیستم‌های مناسب‌تر مدیریتی کمک می‌کند. در این راستا آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی گریزه واقع در سنندج از فروردین ۱۳۸۷ تا شهریور همان سال به اجرا درآمد و اثرات سه سیستم خاک-ورزی (سنتی (CT)، حداقل (MT) و بی‌خاک‌ورزی (NT))، سه سطح کود گاوی (۰ و ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) طی سه دوره نمونه‌برداری روی تغییرات جمعیتی کرم‌های خاکی (نماینده گروه ماکروفون)، کنه‌ها و پادمان (نماینده‌گان گروه مزوفون)، و نماتدها (نماینده گروه میکروفون) خاک مورد بررسی قرار گرفتند. وزن مخصوص ظاهری خاک در همان نقاط نمونه‌برداری از کرم‌های خاکی، کنه‌ها و پادمان، و نماتدها اندازه‌گیری شد. گیاه مورد استفاده برای کشت رقم ذرت SC704 بود. در کوتاه‌مدت تفاوت معنی‌داری بین اثر تیمارها بر روی وزن مخصوص ظاهری در خاکی با بافت لوم شنی مشاهده نشد. خاک‌ورزی بر روی جمعیت گروه‌های میکروفون و مزوفون تأثیر معنی‌داری نداشت اما بر روی جمعیت ماکروفون (کرم خاکی) اثر معنی‌دار آن مشاهده شد. از طرفی بین خاک‌ورزی و سیستم بی‌خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری در زیتوده ذرت وجود داشت اما بین خاک‌ورزی سنتی و خاک‌ورزی حداقل تفاوت معنی‌دار نبود. کود گاوی اثر معنی‌دار مثبتی بر جمعیت نماتدهای خاک و زیتوده ذرت داشت. به طور کلی با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که سیستم مدیریتی خاک‌ورزی حداقل و کاربرد حداقل ۴۰ تن بر هکتار کود گاوی از جنبه‌های زراعی و بیولوژی در شرایط اقلیمی و خاکی مشابه، مطلوب هستند.

واژه‌های کلیدی: کرم‌خاکی، کنه‌ها و پادمان، نماتدها، خاک‌ورزی و کود گاوی

مقدمه

آفت کش، کودهای آلی و سایر افزودنی‌ها به خاک، از خاک‌ورزی کمک گرفته می‌شود. اگر شرایط بهینه خاک این گونه توصیف شود که هوا، آب و عناصر غذایی کافی در دسترس ریشه گیاه باشد، خاک‌ورزی چنین شرایطی را

مدیریت خاک از اجزاء اصلی کشاورزی پایدار و خاک‌ورزی از ضروری‌ترین بخش‌های این مدیریت محسوب می‌شود. قرن‌هاست که جهت تأمین بستر مناسب بذری، کنترل علف‌های هرز و آمیختن کود،

^۱ نویسنده مسئول، آدرس: سنندج، خیابان ۱۷ شهریور، کوچه نریمان، پلاک ۱۵، کدپستی ۶۶۱۴۸-۶۴۵۷۳

* دریافت: اردیبهشت ۱۳۸۹ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۰

بقایای گیاهی در سطح و یا نزدیک سطح خاک بعد از خاک‌ورزی حفاظتی سبب تبخیر و تعرق کمتر و نگهداری بیشتر آب در لایه بالائی (۰-۱۰ سانتی‌متری) خاک می‌شود (ارشد و همکاران، ۱۹۹۹؛ مصدقی و همکاران، ۲۰۰۸؛ کاوالیری و همکاران، ۲۰۰۸؛ سو و همکاران، ۲۰۰۸؛ شارات و همکاران، ۲۰۰۶a و ۲۰۰۶b).^۵

تحقیقات متعددی بر این نکته تأکید کرده‌اند که فرسایش کمتری در مزارع با خاک‌ورزی حداقل، مشاهده شده است. بقایای گیاهی و شخم بدون برگرداندن خاک، سطح خاک را در مقابل فرسایش ذرات و کاهش حاصل-خیزی حفاظت می‌کنند (دهائن و همکاران، ۲۰۰۸؛ راسموسن، ۱۹۹۹).^۶

برخی تحقیقات نشان داده است که بی خاک‌ورزی می‌تواند منجر به تراکم بیشتر خاک شود که می‌تواند اثرات مخربی روی ساختمان خاک و سطح محصول گیاهان زراعی داشته باشد (کاوالیری و همکاران، ۲۰۰۸). اگرچه بعضی دیگر دریافته‌اند که تیمارهای خاک-ورزی سطح محصول گیاهان زراعی مورد مطالعه‌شان را به صورت معنی‌دار تحت تأثیر قرار نداده است (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۸؛ شیرانی و همکاران، ۲۰۰۲؛ گومز و همکاران، ۱۹۹۹؛ ووگلر و همکاران، ۲۰۰۸).^۷

تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در حین و بعد از خاک‌ورزی امری بدیهی است زیرا تغییر در وزن مخصوص ظاهری، آب خاک و میزان ماده آلی خاک به صورت مستقیم و غیرمستقیم موجودات خاک‌زی را تحت تأثیر قرار داده و همان طور که در همه متون مرتبط با بیولوژی خاک تأکید شده است به دلیل اینکه موجودات خاک‌زی^۸ در چرخه عناصر و تجزیه مواد آلی دارای نقشی بسیار کلیدی هستند، تغییرات جمعیتی و تغییرات ترکیب جمعیتی آنها در اثر خاک‌ورزی اگر به صورت نامطلوب روی دهد بر کارکردهای^۹ خاک (همانند چرخه عناصر، تجزیه مواد آلی و غیره) اثر نامطلوبی می‌گذارد. از طرفی براساس جنبه‌های اقتصادی و اکولوژیکی موجود در کشاورزی پایدار به نظر می‌رسد که بررسی سیستم‌های خاک‌ورزی امری ضروری است (حسنجاک و همکاران، ۲۰۰۲).^{۱۰} پاسخ به این پرسش که

فراهم می‌آورد. این عامل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را متأثر نموده و نهایتاً منجر به رشد بهینه گیاه می‌شود. کاربرد افزودنی‌های آلی (کودهای سبز، بقایای گیاهی، کودهای دامی و غیره) بر خصوصیات خاک (همچون حاصلخیزی و یا پایداری خاکدانه‌ها و غیره) تأثیرگذار می‌باشد.

تفاوت آشکار وزن مخصوص ظاهری در بین سیستم‌های خاک‌ورزی سنتی و بی خاک‌ورزی و یا خاک-ورزی‌های حفاظتی (خاک‌ورزی‌هایی با حداقل شخم و افزایش بقایای گیاهی در سطح خاک) موید این نکته است که در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی یا بی خاک‌ورزی وزن مخصوص ظاهری در عمق بین ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری بیشتر از خاک‌ورزی سنتی بوده و بیشتر از عمق ذکر شده تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشده است (دهائن و همکاران، ۲۰۰۸؛ الدر و لال، ۲۰۰۸؛ گی و وان‌دنبیگارت، ۲۰۰۲؛ سینگ و مالهی، ۲۰۰۶؛ مک‌وی و همکاران، ۲۰۰۶).^۱ بعضی تحقیقات نشان داده است که در کوتاه-مدت، تقریباً تفاوتی بین خاک‌ورزی‌های سنتی و حفاظتی وجود ندارد (مانیارد، ۲۰۰۷؛ شیرانی و همکاران، ۲۰۰۲؛ ووگلر و همکاران، ۲۰۰۸؛ مارتینز و همکاران، ۲۰۰۸).^۲ علاوه بر آن در برخی تحقیقات بیش از شش سال اثرات خاک‌ورزی مورد بررسی قرار گرفته اما تفاوت معنی‌داری در مورد وزن مخصوص ظاهری در سیستم‌های خاک‌ورزی متفاوت مشاهده نشده است (سو و همکاران، ۲۰۰۸؛ ارشد و همکاران، ۱۹۹۹)^۳ که نکته جالب توجه در این تحقیقات بافت درشت خاک آن سیستم‌ها بوده است. بررسی‌های خو و مرمود^۴ (۲۰۰۱) نشان داد که همه این تغییرات دارای تفاوت‌های معنی‌داری در بعد زمانی می‌باشند و وزن مخصوص ظاهری خاک بعد از اعمال خاک‌ورزی تحت دوره‌های خشک و مرطوب شدن، اثر قطرات باران و فروریختن خاکدانه‌ها (به دلیل افزایش تراکم) تمایل به زیاد شدن دارد.

خاک‌ورزی شدید و متراکم، ماده آلی خاک را کاهش داده و منجر به کاهش حاصل‌خیزی خاک می‌شود. بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حفاظتی، آب بیشتری را تحت شرایط غیراشباع در خود نگه می‌دارد که دلیل آن درصد حجمی بالاتر خلل و فرج خیلی ریز در این سیستم‌هاست.

⁵ Arshad *et al.*, 1999; Mosaddeghi *et al.*, 2008; Cavalieri *et al.*, 2008; So *et al.*, 2008; Sharratt *et al.*, 2006a and b

⁶ D'Haene *et al.*, 2008; Rasmussen, 1999

⁷ Martinez *et al.*, 2008; Shirani *et al.*, 2002; Gómez *et al.*, 1999; Vogler *et al.*, 2008

⁸ soil organisms

⁹ Function

¹⁰ Husnjak *et al.*, 2002

¹ D'Haene *et al.*, 2008; Elder and Lal, 2008; Kay and VandenBygaart, 2002; Singh and Malhi, 2006; McVay *et al.*, 2006

² Maynard, 2007; Shirani *et al.*, 2002; Vogler *et al.*, 2008, Martinez *et al.*, 2008

³ So *et al.*, 2008; Arshad *et al.*, 1999

⁴ Xu & Mermoud, 2001

بین ردیف‌ها جهت کنترل علف هرز شخم دوره‌ای انجام می‌شده است. بافت خاک در زمین مورد نظر لوم‌شنی تا لومی بود. سطح زمین انتخاب شده ۱۱۵۰ متر مربع بود که به صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک کامل تصادفی سازماندهی و در قالب سه تیمار اصلی، سه تیمار فرعی، سه تکرار و سه دوره نمونه برداری انجام شد. هر پلات فرعی ۲۰ متر مربع مساحت داشت.

تیمارها شامل سه نوع سیستم خاک‌ورزی سنتی (شخم برگردان+دیسک)، حداقل (دیسک)، و بی‌خاک-ورزی به عنوان تیمارهای اصلی و سه سطح کود گاوی ۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار به عنوان تیمارهای فرعی بودند. رقم ذرت مورد استفاده در این طرح ذرت SC704 بود.

آماده‌سازی زمین و کاشت گیاه

در اواسط اردیبهشت کود دامی در سطوح مشخص در کرت‌های فرعی که به صورت تصادفی تعیین شده بودند توزیع شد و سپس تیمارهای خاک‌ورزی در پلات‌های اصلی اعمال شد و نهایتاً کشت بذر ذرت علوفه‌ای با فاصله ردیفی ۶۰ سانتی‌متری و بین‌ردیفی ۲۰ سانتی‌متری انجام گرفت.

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌های زراعی

در هر سه مرحله نمونه‌برداری [قبل از اعمال تیمار (مرحله اول)، یک‌ماه بعد از اعمال تیمار (مرحله دوم) و پس از برداشت محصول (مرحله سوم)] وزن-مخصوص ظاهری و رطوبت خاک در همان نقاط برداشت نمونه‌های بیولوژیکی، اندازه‌گیری شد. در هر کرت فرعی دو محل نمونه‌برداری به صورت تصادفی انتخاب، جمعیت کرم خاکی (به عنوان نماینده ماکروفون خاک) در حجم مکعبی به ابعاد $25 \times 25 \times 25$ سانتی‌متر به روش شمارش دستی انجام گرفته و از همان محل نمونه‌های مرکب لازم جهت استخراج و شمارش کنه و پادمان (به عنوان نماینده مزوفون خاک) به روش قیف برلیز (جهت شمارش تعداد مزوفون، وزن مشخصی از خاک روی قیف برلیز^۵ ریخته می‌شود و پس از حدود ۴ روز، مزوفون‌ها جمع‌آوری شده در محلول فرمالین ۰/۵٪ شمارش می‌گردد)، و نماتدها (به عنوان نماینده میکروفون خاک) به روش سانتی‌فیوژ (جهت شمارش نماتدها مقدار مشخصی خاک (۱۰۰ گرم) را در لوله سانتی‌فیوژ ریخته و پس از افزودن مقداری آب به مدت ۴ دقیقه در ۳۰۰۰ rpm سانتی‌فیوژ می‌گردد. سپس محلول روئی دور ریخته می‌شود. بر روی رسوب ته لوله سانتی‌فیوژ محلول ساکارز (1 lb/Lit) ریخته و به مدت ۲ دقیقه در ۳۰۰۰ rpm سانتی‌فیوژ شده و

این تغییرات چه موقع و بر روی چه بخشی از اکوسیستم خاکی اثرگذار هستند امری ضروری است. همین ضرورت، دانش عمیق‌تر در مورد جانوران خاک، خصوصیات خاک و محیط اطراف آنها را برای تعیین تصمیمات مناسب و بهتر مدیریتی (برای افزایش جمعیت جانوران مطلوب خاک‌زی و یا جلوگیری از کاهش جمعیت و از بین رفتن آنها) ایجاب می‌نماید (چان و بارسیا، ۲۰۰۷)^۱.

به طور کلی واکنش جانوران خاک در برابر خاک‌ورزی متفاوت است. خاک‌ورزی می‌تواند جمعیت، تنوع و فعالیت جانوران خاک‌زی را تحت تأثیر قرار دهد (کلادیوکو، ۲۰۰۱)^۲. عموماً تراکم خاک در اثر رفت و آمد ادوات منجر به کاهش تعداد ماکروفون خاک شده و به‌علاوه مقاومت بالای خاک بعد از تراکم می‌تواند از جابه‌جائی، تغذیه و در نتیجه بقای ماکروفون جلوگیری به عمل آورد. تنوع و ترکیب جانوران خاک و مخصوصاً کرم‌های خاکی تحت تأثیر خاک‌ورزی شدیداً تغییر می‌کند و اثرات نامطلوب خاک‌ورزی متراکم بر روی پادمان و کرم‌های خاکی مورد بررسی قرار گرفته و ثبت شده است (امرلینگ، ۲۰۰۱)^۳.

بنابراین نمی‌توان از اثرات متقابل جانوران خاک به عنوان بخشی از اکوسیستم و محیط اطراف صرف نظر کرد. در اغلب بررسی‌های پیشین محققین اثرات خاک‌ورزی را بر روی گروه مشخصی از جانوران خاک مورد بررسی قرار داده‌اند (بلاک‌شاو و همکاران، ۲۰۰۷؛ چان و بارکیا، ۲۰۰۷؛ لارسن و همکاران، ۲۰۰۴؛ رادفورد و همکاران، ۲۰۰۱)^۴ و کمتر به بررسی همه گروه‌های جانوری (از بعد اندازه) و واکنش آنها در برابر خاک‌ورزی، در یک زمان و یک مکان، پرداخته‌اند. این پرسش که آیا می‌توان تغییرات احتمالی جمعیتی را در کوتاه مدت به صورت یک الگوی قابل تفسیر ارائه کرد بی‌جواب می‌باشد. این تحقیق تلاش دارد برای این پرسش جواب مناسبی ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

محل اجرا و تیمارهای آزمایشی

آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی گریزه، واقع در شهرستان سنندج از فروردین ۱۳۸۷ تا شهریور ۱۳۸۷ به اجرا درآمد. محل انتخاب شده برای اجراء آزمایش به مدت ۱۴ سال به صورت باغ مورد استفاده قرار گرفته و فقط در

¹ han and Barchia, 2007

² Kladviko, 2001

³ Emmerling, 2001

⁴ Blackshaw *et al.*, 2007; Chan and Barchia, 2007; Larsen *et al.*, 2004; Radford *et al.*, 2001

⁵ Berless-Tulgreen

تعداد آنها در مرحله سوم قرار داشته است. بالاترین تعداد کرم‌خاکی در مرحله سوم، در تیمار خاک‌ورزی حداقل و با کود گاوی ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار مشاهده شد.

تجزیه واریانس خصوصیات اندازه‌گیری شده ذرت (جدول ۴) نشان می‌دهد که اثر متقابل بین تیمارهای خاک‌ورزی و کود گاوی وجود نداشته ولی به طور کلی خاک‌ورزی بر روی ارتفاع اولین بلال، ارتفاع بوته و زیتوده ذرت؛ و کود گاوی بر روی ارتفاع اولین بلال و زیتوده ذرت دارای اثرات معنی‌دار بوده‌اند.

در مقایسه میانگین (جدول ۵) مشاهده شد که ارتفاع اولین بلال در خاک‌ورزی سنتی به طور معنی‌داری کمتر از دو خاک‌ورزی دیگر است. در بین تیمارهای خاک‌ورزی بیشترین میزان ارتفاع بوته در خاک‌ورزی حداقل بوده. زیتوده ذرت در دو خاک‌ورزی سنتی و حداقل تفاوت معنی‌داری نداشت ولی در هر دو آنها به صورت معنی‌داری بیشتر از زیتوده ذرت در تیمار بی‌خاک‌ورزی بود.

بر اساس جدول ۶، ارتفاع بلال و زیتوده ذرت در کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود گاوی به طور معنی‌داری بیشتر بود و تفاوت معنی‌داری بین اثر کاربرد ۰ و ۲۰ تن بر هکتار کود گاوی بر روی خصوصیات ذرت مشاهده نشد.

بحث

اثرات خاک‌ورزی بر روی جانوران خاک

بر اساس نتایج به دست آمده مشخص است که در دوره کوتاه مدت اعمال خاک‌ورزی، برخلاف جانوران ماکرو خاک (کرم‌های خاکی)، میکروفون و مزوفون خاک (به ترتیب نماتدها، و کنه‌ها و پادمان) واکنشی به تیمارهای خاک‌ورزی نشان ندادند که می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر اندازه جانوران خاک در میزان زمان مورد نیاز برای اثرپذیری آنها از عملیات خاک‌ورزی باشد. همچنین عدم تغییر در جمعیت مزوفون و میکروفون خاک ممکن است مربوط به بافت درشت خاک باشد چراکه این نوع بافت هم چنانکه میرانساری مهابادی (۱۳۸۴)^۲ ذکر می‌کند، تا حدی در برابر اثرات نامطلوب به هم‌خوردگی ناشی از خاک‌ورزی مقاومت می‌کند. همین امر سبب شده است تا تغییری در جمعیت گروه‌های مذکور مشاهده نگردد. بر اساس جدول ۴ برای جمعیت کرم‌های خاکی در خاک‌ورزی‌ها ترتیب حداقل‌کنستی بی‌خاک‌ورزی، را می‌توان مشاهده کرد. بر اساس این نتایج مشخص است که جمعیت کرم‌خاکی تحت تأثیر خاک‌ورزی قرار گرفته است. از طرفی عدم مخلوط شدن ماده آلی با خاک ممکن است از دلایل کمتر

محلول روئی در زیر میکروسکوپ بررسی و شمارش انجام می‌گردد)، برداشته شد و در کیسه‌های در بسته به آزمایشگاه جهت استخراج سریع نمونه‌ها منتقل شد (پیچ، ۱۹۸۶؛ کلوت، ۱۹۸۶). پس از رسیدن بلال‌ها به ۷۵٪ حالت خمیری خود، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال و زیتوده ذرت در هر یک از پلاتها اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل

داده‌های بیولوژیکی، فیزیکی خاک و خصوصیات زراعی ذرت علوفه‌ای جمع‌آوری شده، با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت مقایسه اثرات خاک‌ورزی، کود دامی و دوره‌های نمونه‌برداری بر روی خصوصیات بیولوژیکی مورد نظر و جهت مقایسه اثرات خاک‌ورزی و کود دامی بر روی داده‌های زراعی تجزیه واریانس داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت و از آزمون LSD با $P \leq 0.05$ جهت تفکیک میانگین‌ها کمک گرفته شد.

نتایج

تجزیه واریانس خصوصیات بیولوژیکی و فیزیکی در جدول شماره ۱، نشان‌دهنده اثرات معنی‌دار کود گاوی روی جمعیت نماتدها، اثر معنی‌دار زمان نمونه‌برداری روی همه خصوصیات و اثر متقابل سه‌گانه معنی‌دار زمان نمونه‌برداری، خاک‌ورزی و کود گاوی بر روی جمعیت کرم‌خاکی، می‌باشد.

با توجه به مقایسه میانگین موجود در جدول ۲، وزن مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شده در مرحله اول نمونه‌برداری (قبل از اعمال تیمار) به صورت معنی‌داری بیشتر از دو مرحله نمونه‌برداری بعدی بود. جمعیت کنه‌ها در مرحله سوم به طور معنی‌داری از مراحل اول و دوم بیشتر بود. جمعیت پادمان در دوره اول نمونه‌برداری به طور معنی‌داری بالاتر از دو دوره دیگر به دست آمد، این جمعیت به صورت قابل توجهی در دوره دوم نمونه‌برداری کاهش پیدا کرد و به مرور زمان مجدداً در دوره سوم نمونه‌برداری افزایش پیدا کرد (گرچه معنی‌دار نبود). تغییر جمعیتی نماتدها دارای روندی کاهشی بود و در دور سوم نمونه‌برداری در حداقل خود قرار داشت.

با توجه به جدول ۳ می‌توان دریافت که جمعیت نماتدها در تیمار ۴۰ تن بر هکتار کود گاوی حداکثر بوده ولی تفاوتی در جمعیت آنها بین تیمارهای کاربرد ۰ و ۲۰ تن بر هکتار کود گاوی مشاهده نشده است.

بر اساس مقایسه میانگین جدول ۷ مشخص است که؛ کمترین تعداد کرم‌های خاکی در مرحله دوم و بیشترین

² Miransari mahabadi, 2005

¹ Klute, 1986; Page, 1986

مطلوبی لازم است حداقل ۴۰ تن بر هکتار کودگاو استفاده شود.

به طور کلی با توجه به نتایج خدانشناس و همکاران (۱۳۸۷)^۲ به نظر می‌رسد که جمعیت نامادها در این منطقه کم می‌باشد که می‌تواند از خصوصیات این منطقه و یا این نوع خاکها در نظر گرفته شود، از طرفی براساس اظهار نظر خدانشناس و همکاران (۱۳۸۷) اندازه گیری جمعیتی در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری خاک خود عاملی برای کاهش جمعیت اندازه‌گیری شده در واحد وزن یا سطح می‌باشد چراکه تمرکز جمعیتی در خاک سطحی (۰-۱۰ سانتی‌متر) بیشتر است.

اثر خاک‌ورزی بر روی ارتفاع بلال، ارتفاع بوته و زیتوده ذرت

براساس مقایسه میانگین (جدول ۵)، کمترین میزان ارتفاع اولین بلال و ارتفاع بوته تحت تیمار خاک‌ورزی سنتی مشاهده شد؛ در تیمار خاک‌ورزی حداقل ارتفاع اولین بلال، ارتفاع بوته و زیتوده ذرت بالا بود، بی- خاک‌ورزی هم منجر به ارتفاع بالای بلال و مقادیر کم ارتفاع بوته و زیتوده ذرت گشت. این امر به ممکن است به این دلیل باشد که خاک‌ورزی حداقل در مقایسه با بی‌خاک‌ورزی بستر مناسبی برای رشد بذر تهیه می‌کند و به هم‌خوردگی نامطلوب و برگردانده شدن خاک را در سیستم خاک‌ورزی سنتی ندارد. بنابراین داده‌ها نشان می‌دهند که خاک‌ورزی حداقل به دلیل مخلوط کردن مواد آلی در لایه سطحی خاک و علاوه بر این زیتوده بالای ذرت (که تفاوت معنی‌داری با مقدار آن در خاک‌ورزی سنتی نداشت) و نهایتاً در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی سنتی، منجر به سیستم خاکی پایدارتر و اقتصادی‌تری از دید زراعی می‌شود. این برتری برای سیستم بی‌خاک‌ورزی مشاهده نشد.

اثر کودگاو بر روی ارتفاع بلال، ارتفاع بوته و زیتوده ذرت

کودگاو فقط بر روی ارتفاع بلال و زیتوده ذرت اثر معنی‌دار داشت. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) نشان می‌دهد که تفاوتی بین اثر کاربرد ۰ و ۲۰ تن بر هکتار کودگاو بر روی خصوصیات ذرت وجود نداشته است، اما کاربرد ۴۰ تن بر هکتار آنها را تحت تأثیر قرار داده، بنابراین واضح است که در این بخش هم همانند اثرات مطلوب بیولوژیکی (همانند آنچه برای نامادها اشاره شد) نیاز به استفاده از میزانی بیش از حد کمینه کودگاو برای اثربخش بودن وجود دارد.

بودن جمعیتی کرم خاکی در تیمار بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی حداقل باشد و در نقطه مقابل نتایج یحیی آبادی و اسدی (۱۳۸۵)^۱ است که در تحقیق خود وجود بقایای گیاهی بر سطح خاک و کاهش دستخوردگی خاک در تیمارهای بدون شخم را مهمترین عوامل افزایش جمعیت کرم‌های خاکی ذکر نموده‌اند. نظر نویسنده بر این است که بررسی گروه‌های کرم خاکی در سطوح ایپجیک، اندوجیک و آنسیک در رفع این تضادها و تفسیر مناسب‌تر نتایج در تحقیقات بعدی برای محققین کمک شایانی خواهد بود.

به طور کلی به نظر می‌رسد که به دلیل رطوبت پایین خاک در هنگام خاک‌ورزی (به‌خصوص در هنگام برگردانده شدن خاک در خاک‌ورزی سنتی)، و در پی آن به خاطر عدم حضور کرم‌های خاکی در ۲۵ سانتی‌متری بالایی خاک، خاک‌ورزی اثر مستقیمی بر روی کرم‌خاکی نداشته (یعنی صدمات فیزیکی یا همان اثرات مستقیم روی کرم‌های خاکی) اما برگرداندن خاک در خاک‌ورزی سنتی کانال‌های کرم‌خاکی را تخریب و تا حدودی زیستگاه آنها را تحت تأثیر قرار داد. در مقابل در تیمار خاک‌ورزی حداقل به‌خاطر مخلوط شدن کودگاو در لایه سطحی خاک و سست شدن خاک سطحی برای رشد مناسب ریشه‌های ذرت، بدون برگرداندن خاک، کانال‌های کرم خاکی کمتر تخریب شدند. به همین علت، شرایط مناسب‌تر در تیمارهای خاک‌ورزی حداقل منجر به جمعیت‌های بالاتر کرم‌خاکی در تیمارهای خاک‌ورزی حداقل با کاربرد ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار کودگاو شده است.

اثرات کود گاو بر روی جانوران خاک

در این بررسی تنها اثر معنی‌دار کودگاو بر روی جمعیت نامادها مشاهده شد که دلیل آن را می‌توان اثر غیر مستقیم کودگاو به عنوان منبع غذایی و اثرات آن بر افزایش رطوبت و افزایش خلل و فرج ریز به دلیل بهبود ساختمان خاک دانست که برای نامادها مطلوب به شمار می‌آیند. براساس مقایسه میانگین (جدول ۳) مشاهده می‌شود که تفاوتی بین اثر کاربرد ۲۰ تن در هکتار و عدم کاربرد کود گاو (۰ تن در هکتار) بر روی جمعیت نامادها وجود ندارد. این امر نشان می‌دهد که جهت داشتن اثر معنی‌دار مواد آلی بر روی جمعیت جانوران خاک لازم است که مواد آلی را از یک میزانی (حد کمینه) بیشتر استفاده کرد، همچنانکه در این تحقیق نتایج نشان داد در این شرایط (خاکی و اقلیمی) برای رسیدن به چنان اثرات

² Khodashenas et al., 2008

¹ Yahya Abadi and Asadi, 2005

مدیریتی مناسب تر و پایدارتری می باشد. برای بررسی های آتی محققین توصیه می شود گروه های جانوری در سطوح پایین تر گروه بندی (گروه بندی اکولوژیکی یا بیولوژیکی) و انواع دیگر کودهای آلی مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی گریزه سندج و با مساعدت های بسیاری از کارکنان آن ایستگاه بخصوص آقای مهندس فرهاد کرمی و خانم مهندس شیرین یغموری انجام شده است که به این وسیله از زحمات همه عزیزان سپاسگزاری می گردد.

به طور کلی با توجه به آنکه سیستم خاک ورزی حداقل مورد استفاده در این تحقیق اثر مخربی روی ماکروفون خاک نداشته بلکه در مواردی (کرم های خاکی) اثر مطلوب آن مشاهده شده است؛ و از طرفی میزان زیتوده ذرت علوفه ای آن با خاک ورزی سنتی تفاوت معنی داری نداشته است و در نتیجه با هزینه کمتر سوخت و ماشین آلات به همان سطح محصول می توان رسید؛ و با توجه به این امر که در سیستم خاک ورزی حداقل (در مقایسه با خاک ورزی سنتی)، خاک برگردانده نمی شود و بقایا با سطح خاک مخلوط می گردد، لذا سیستم خاک ورزی حداقل در شرایط مشابه از نظر اقلیم و خاک سیستم

جدول ۱- تجزیه واریانس جرم مخصوص ظاهری، رطوبت وزنی، کرم خاکی، کنه ها، پادمان و نماتدها

منابع تغییر	درجه آزادی	جرم مخصوص ظاهری	رطوبت وزنی	کرم خاکی	کنه ها	پادمان	نماتدها
تکرار ^۱	۲	۰/۰۲۷ ^{NS}	۴/۲۴۴ ^{NS}	۲۴/۸۴*	۶۴/۹۱ ^{NS}	۴۰/۱۸ ^{NS}	۸۷۹۷/۶*
خاک ورزی (T)	۲	۰/۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۳۳ ^{NS}	۳/۱۱ ^{NS}	۱۰۰/۶۳ ^{NS}	۲۲/۱ ^{NS}	۱۲۳۶/۹ ^{NS}
کود گاوی (CM)	۲	۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۵۶۱ ^{NS}	۱/۳۷ ^{NS}	۳۸۱/۳ ^{NS}	۳۷/۲ ^{NS}	۸۳۳۵/۴۵*
T*CM	۴	۰/۰۰۱ ^{NS}	۲/۳۳۱ ^{NS}	۲/۸۰ ^{NS}	۲۸/۹۳ ^{NS}	۱۵/۳۵ ^{NS}	۱۱۷۳/۲۱ ^{NS}
زمان (S)	۲	۰/۳۰۰ ^{**}	۱۲/۲۴۴*	۳۵/۳۶ ^{**}	۱۲۸۱/۴۷ ^{**}	۱۵۶/۲۹ ^{**}	۱۵۳۷۸/۴۸ ^{**}
S*T	۴	۰/۰۱۳ ^{NS}	۱/۰۹۱ ^{NS}	۴/۰۵*	۵۲/۴۶ ^{NS}	۳۹/۴۵ ^{NS}	۳۵۱۹/۹۴ ^{NS}
S*CM	۴	۰/۰۰۱ ^{NS}	۳/۰۳۷ ^{NS}	۰/۷۰ ^{NS}	۱۴۶/۱ ^{NS}	۱۰/۴۷ ^{NS}	۱۰/۷۷ ^{NS}
S*T*CM	۸	۰/۰۰۴ ^{NS}	۴/۱۳۷ ^{NS}	۴/۲۰*	۴۴/۸۶ ^{NS}	۷/۸۵ ^{NS}	۴۳۳۱ ^{NS}
خطای آزمایش	۳۲	۰/۰۰۶	۲/۶۵	۰/۱۲	۰/۳	۰/۰۱۸	۴/۹۷
ضریب تغییرات		۵/۸۰	۱۴/۴۷	۲۸/۹۷	۱۴/۸۳	۱۲/۸۴	۲۴/۰۷

^{NS}: غیر معنی دار

* و **: معنی دار به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد

^۱ تجزیه واریانس برای (s*t, t*(t*cm)) در جدول آورده نشده است

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین زمان بر روی جرم مخصوص ظاهری، رطوبت وزنی، جمعیت کنه ها، پادمان و نماتدها

دوره نمونه برداری	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	رطوبت وزنی (%)	کنه ها (N/1Kg soil)	پادمان (N/1Kg soil)	نماتدها (N/100 gr dry soil)
قبل از اعمال تیمار (BT1)	۱/۵۱a	۱۰/۶۱b	۵/۲۱b	۷/۷۷a	۱۰۹/۸۸a
بعد از اعمال تیمار (AT1)	۱/۳۲b	۱۱/۱۴ab	۷/۹۸b	۲/۹۷b	۱۰۳/۴۱a
پس از برداشت (AH1)	۱/۳۳b	۱۱/۹۵a	۱۸/۲۸a	۵/۶۶ab	۶۵/۷b

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی دار نمی باشند.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح کود گاوی بر روی جمعیت نماتدها

نماتدها	کود گاوی (Ton/ha)
۸۰/۵b	۰
۸۵/۳B	۲۰
۱۱۳/۱A	۴۰

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۴- تجزیه واریانس ارتفاع اولین بلال، ارتفاع بوته و زیتوده ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع اولین بلال (cm)	ارتفاع بوته (cm)	زیتوده ذرت (Kg/m ²)
تکرار	۲	۳۶۳/۹**	۸۲۰/۳**	۰/۰۵ ^{ns}
خاک‌ورزی (T)	۲	۹۵/۳*	۵۷۳/۶**	۱/۸۹**
کود گاوی (CM)	۲	۲۰۰/۷*	۵۲۵/۶	۴/۵۷*
T*CM	۴	۶۷/۱ ^{ns}	۲۹۹/۸ ^{ns}	۲/۳۸ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۰	۳۸/۲۲	۳۴۰/۹۷	۰/۷۴
ضریب تغییرات		۵/۵۶	۷/۳۷	۱۵/۳۹

^{ns}: غیر معنی‌دار

* و **: معنی‌دار به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثرات سطوح خاک‌ورزی بر روی ارتفاع بلال، ارتفاع بوته و زیتوده ذرت

خاک‌ورزی	ارتفاع اولین بلال (cm)	ارتفاع بوته (cm)	زیتوده ذرت (Kg/m ²)
سنتی	۱۷۰/۶b	۲۵۱/۷b	۶/۰a
حداقل	۱۱۲/۰a	۲۵۷/۸a	۵/۷a
بی‌خاک‌ورزی	۱۱۴/۰a	۲۴۲/۰c	۵/۱b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین اثرات سطوح کود گاوی بر روی ارتفاع بلال و زیتوده ذرت

کود گاوی (ton/ha)	ارتفاع اولین بلال (cm)	زیتوده ذرت (kg/m ²)
۰	۱۰۸/۸b	۵/۳b
۲۰	۱۰۸/۲b	۵/۰b
۴۰	۱۱۶/۷a	۶/۴a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح دوره نمونه برداری، خاک ورزی و کود گاوی بر روی جمعیت کرم های خاکی

کرم خاکی (N/0.0156m ³)	کود گاوی (Ton/ha)	خاک ورزی	دوره نمونه برداری
\def	.		
\def	۲۰	سستی	
\def	۴۰		
\۶۷bcd	.		
۰/۳۳cef	۲۰	حداقل	قبل از اعمال تیمار(BT1)
\۳۳bcde	۴۰		
۰/۳۳cef	.		
۳/۶۷a	۲۰	بی خاک ورزی	
۰/۶۷cdef	۴۰		
۰/۵۰def	.		
۰/۳۳def	۲۰	سستی	
۰/۳۳def	۴۰		
۰/۳۳def	.		
۰/۱۷ef	۲۰	حداقل	بعد از اعمال تیمار (AT1)
۰/۶۷cdef	۴۰		
۰/۰f	.		
۰/۰f	۲۰	بی خاک ورزی	
۰/۱۷ef	۴۰		
۰/۸۳cdef	.		
۳/۸۳a	۲۰	سستی	
۲/۶۷abc	۴۰		
۳/۰۰ab	.		
۳/۸۳a	۲۰	حداقل	پس از برداشت (AH1)
۴/۱۷a	۴۰		
۳/۰۰a	.		
\۳۳bcde	۲۰	بی خاک ورزی	
۰/۳۳def	۴۰		

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی دار نمی باشند.

فهرست منابع:

1. Arshad, M. A., A. J. Franzlubbers, and R. H. Azooz. 1999. Components of surface soil structure under conventional and no tillage in northwestern Canada. *Soil Till. Res.* 53, 41-47.
2. Blackshaw, R. P., S. E. Donovan, S. Hazarika, R. Bol, and E. White. 2007. Earthworm responses to long term agricultural management practices : spatial relationships with soil properties. *Eur. J. Soil Biol.* 43, S171-S175.
3. Cavalieri, K. M. V., A. P. da Silva, C. A. Tormena, T. P. Leão, A. R. Dexter, and I. Håkansson. 2009. Long term effects of no tillage on dynamic soil physical properties in a Rhodic Ferrasol in Paraná, Brazil. *Soil Till. Res.* 103, 158-164.

4. Chan, K. Y., and Barchia, I. 2007. Soil compaction controls the abundance, biomass and distribution of earthworms in a single dairy farm in south-eastern Australia. *Soil Till. Res.* 94, 75-82.
5. D'Haene, K., J. Vermang, W. M. Cornelis, B. L. M. Leroy, W. Schiettecatte, S. D. Neve, D. Gabriels, and G. Hofman. 2008. Reduced tillage effects on physical properties of silt loam soils growing root crops. *Soil Till. Res.* 99, 279-290.
6. Elder, J. W., and R. Lal. 2008. Tillage effects on physical properties of agricultural organic soils of north central Ohio. *Soil Till. Res.* 98, 208-210.
7. Emmerling, C. 2001. Response of earthworm communities to different types of soil tillage. *Appl. Soil Ecol.* 17, 91-96.
8. Gómez, J. A., J. V. Giráldez, M. Pastor, and E. Fereres. 1999. Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. *Soil Till. Res.* 52, 167-175.
9. Husnjak, S., Filipovic, D., and Kosutic, S. 2002. Influence of different tillage systems on soil physical properties and crop yield. *Rostlinna Vyroba.* 48, (6), 249–254.
10. Kay, B. D., and A. J. VandenBygaart. 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil Till. Res.* 66, 107-118.
11. Khodashenas, A., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., Lakzian, A., 2008. Effect of Agricultural Practices on Soil Nematodes and Bacteria in the Winter Wheat Fields of Khorasan Province, Iran. *Environmental sciences.* Vol.5. 3, 53 -64.
12. Kladivko, E. J. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil Till. Res.* 61, 61-76.
13. Klute, A. (1986). *Methods of soil analysis, Part 1.* 2nd edn. Wisconsin, U.S.A.
14. Larsen, T., P. Shjonning, and J. Axelsen. 2004. The impact of soil compaction on euedaphic collembolan. *Appl. Soil Ecol.* 26, 273-281.
15. Maynard, J. L. J, K. J. Umiker, and S. O. Guy. 2007. Earthworm dynamics and soil physical properties in the first three years of no till management. *Soil Till. Res.* 94, 338-345.
16. McVay, K. A., J. A. Budde, K. Fabrizzi, M. M. Mikha, C. W. Rice, A. J. Schlegel, D. E. Peterson, D. W. Sweeney, and C. Thompson. 2006. Management effects on soil physical properties in long term tillage studies in Kansas. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 434–438.
17. Miransari mahabadi, M. R. 2005. Using Arbuscular Mycorrhiza to Reduce the Stressful Effects of Soil Compaction on the Growth and Nutrient Uptake in Wheat and Corn. PhD thesis, agriculture faculty, Tarbiat Modares University.
18. Mosaddeghi, M. R., A. A. Mahboubi, and A. Safadoust. 2009. Short term effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. *Soil Till. Res.* 104, 173-179.
19. Page, A. L. (1986). *Methods of soil analysis, part 2.* 2nd edn. Wisconsin, U.S.A.
20. Radford, B. J., A. C., Wilson-rummenie, G. B., Simpson, K. L., Bell, and M. A, Ferguso. 2001. Compacted soil affects soil macrofauna populations in a semi-arid environment in central Queensland. *Soil Biol. Biochem.* 33, 1869-1872.
21. Rasmussen, K. J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil Till. Res.* 53, 3-14.
22. Sharratt, B., M. Zhang, and S. Sparrow. 2006. Twenty years of conservation tillage research in subarctic Alaska I. Impact on soil strength, aggregation, roughness, and residue cover. *Soil Till. Res.* 91, 75-81.
23. Shirani, H., M. A. Hajabbasi, M. Afyuni, and A. Hemmat. 2002. Effects of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. *Soil Till. Res.* 68, 101-108.

24. Singh, B., and S.S. Malhi. 2006. Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soils in a cool temperature environment. *Soil Till. Res.* 85, 143-153.
25. So, H. B., A. Grabski, and P. Desborough. 2009. The impact of 14 years of conventional and no till cultivation on physical properties and crop yields of a loam soil at Grafton NSW, Australia. *Soil Till. Res.* 104, 180-184.
26. Xu, D., and A. Mermoud. 2001. Topsoil properties as affected by tillage practices in North China. *Soil Till. Res.* 60, 11-19.
27. Yahya Abadi, M., and Asadi, A., 2005. The effects of different tillage systems and plant residue on soil earthworm population. 4th conger of agricultural plant, Tabriz, Iran.