

اثر روش خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر برخی خصوصیات خاک

وحید بحرپور^۱، عباس روحانی^{۱*}، محمد حسین عباسپور فرد^۱، سعید ظریف نشاط^۲ و محمدحسین آق‌خانی^۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۲۷

۱- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد

*مسئول مکاتبه arohani@um.ac.ir

چکیده

این تحقیق با هدف مقایسه تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی با سطوح مختلف بقایا بر فشردگی خاک در مدت پنج سال (۹۵-۹۱) انجام گردید. آزمایش با ۹ تیمار شامل روش‌های مختلف خاک‌ورزی در سه سطح (۱- خاک‌ورزی متداول، ۲- کم خاک‌ورزی، ۳- بی خاک‌ورزی) و بقایای گیاهی در سه سطح (۱- بدون بقایا، ۲- حفظ ۳۰ درصد بقایا، ۳- حفظ ۶۰ درصد بقایا) در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد اجرا گردید. برخی ویژگی‌های خاک شامل: شاخص نفوذپذیری خاک، وزن مخصوص ظاهری، میانگین وزنی قطر کلوخه، ماده آلی و درصد رطوبت خاک در این تحقیق مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج تجزیه آماری نشان دادند که روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر تمامی پارامترهای خاک و تیمار مدیریت بقایای گیاهی بر شاخص نفوذپذیری و درصد رطوبت خاک تاثیر معنی‌دار داشته است. همچنین اثر متقابل دو فاکتور نیز در برخی اعماق بر شاخص نفوذپذیری و درصد رطوبت خاک معنی‌دار بوده است.

واژه‌های کلیدی: روش خاک‌ورزی، مدیریت بقایا، خصوصیات خاک

۱- مقدمه

بسیاری از خاک‌های مناطق مختلف دنیا دارای لایه فشرده شده‌ای می‌باشند که از بین بردن این لایه نیاز به خاک‌ورزی عمیق دارد و سالیانه هزینه بالایی را به‌خود اختصاص می‌دهد. خاک‌ورزی دقیق (زیرشکنی در عمق متغیر) که خصوصیات فیزیکی خاک را در نواحی مختلف مزرعه تا عمق‌های مختلفی اصلاح می‌کند، از لحاظ کاهش هزینه‌ها، مصرف سوخت و انرژی مورد نیاز می‌تواند بسیار مفید باشد (خلیلیان و هلمن، ۱۹۹۶). بررسی محققین نشان داده است که فشردگی خاک^۱ می‌تواند اثر منفی بر رشد گیاه، آب ذخیره شده در خاک، کارایی استفاده آب توسط گیاه، ویژگی‌های رشد و نمو گیاه، توسعه و توزیع ریشه در خاک، جذب مواد غذایی توسط ریشه و عملکرد گیاه داشته باشد (کلیک و همکاران، ۲۰۰۴). فشردگی خاک در زمین‌های کشاورزی عمدتاً به‌وسیله عبور ماشین آلات سنگین در طی عملیات خاک‌ورزی، کاشت، کوددهی و در نهایت برداشت ایجاد می‌شود (یوزیویچ و لپیک، ۲۰۰۹). کنترل ترافیک زراعی یکی از عوامل موثر در کاهش فشردگی خاک می‌باشد زیرا حفظ بقایا در سطح خاک و کاهش خاک‌ورزی از مکانیزم‌های موثر جهت کنترل

فرسایش خاک و رواناب شناخته شده‌اند. شخم و به‌طور کلی خاک‌ورزی فوایدی مانند تهیه بستر مناسب بذر برای جوانه‌زنی و رشد گیاه، مبارزه با علف‌های هرز، افزایش نفوذ آب در خاک و تسریع فرایندهای تجزیه به دلیل مداخله فیزیکی و مخلوط کردن خاک و قرار دادن خاک‌دانه‌ها در معرض هوای آزاد دارد (هالند و همکاران، ۲۰۰۴). لیکن افراط در خاک‌ورزی به‌دلیل افزودن سطح موثر خاک و قرار دادن پیوسته خاک در معرض رژیم‌های متناوب رطوبت/ خشکی و یخ/ ذوب باعث آسیب‌پذیری بیشتر خاک‌دانه‌ها و تجزیه هرچه بیشتر ماده آلی خاک شده و ساختمان خاک آسیب می‌بیند. خاک‌ورزی مرسوم با وجود بقایا، مشکلاتی در انجام شخم با گاوآهن برگردان دار و کاشت ماشینی ایجاد کرده و مخلوط کردن بقایا با خاک نیز عوارضی مانند کمبود ازت را به دنبال دارد. این عوامل سبب گردیده که کشاورزان به سوزاندن بقایا بپردازند که در دراز مدت زمین‌های کشاورزی را با کمبود مواد آلی مواجه کرده و باعث می‌شود کشاورزان جهت تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه اقدام به مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی اقدام نمایند که موجب سخت‌تر شدن خاک و آلوده شدن آب‌های زیرزمینی می‌گردد. خاک‌ورزی حفاظتی^۲ (کم خاک‌ورزی، به‌خصوص بی خاک‌ورزی) یک حرکت سریع و رو به

²-Conservation tillage

¹-Soil compaction

اقتصادی و کیفیت خاک به مدت دو سال نشان داد که عملکرد برنج در روش مرسوم در مقایسه با روش حفاظتی بیشتر اما در گندم عملکرد کشت مستقیم بیشتر از کشت به روش مرسوم می‌باشد. میزان سودمندی سامانه گندم- برنج وقتی هر دو به صورت بی‌خاک‌ورزی (مستقیم) کشت شدند برابر با سودمندی آن در سامانه مرسوم شد. روش خاک‌ورزی مرسوم به دلیل تردد بیشتر در شرایط مرطوب خاک دارای جرم مخصوص ظاهری و مقاومت به نفوذ بیشتری در لایه‌های ۱۵-۱۰ و ۲۰-۱۵ سانتی‌متری خاک بودند (جت و همکاران، ۲۰۰۹). ماديجان و همکاران (۲۰۰۹) اثرات خاک‌ورزی حفاظتی را بر خواص شیمیایی خاک و فعالیت‌های میکروبی در خاک در شرایط نیمه خشک مدیترانه‌ای بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان دادند که خاک‌ورزی حفاظتی (کم خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم باعث افزایش مواد آلی خاک، فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک و فعالیت‌های آنزیمی در لایه‌های سطحی خاک می‌شود. هم‌چنین فرسایش بادی و آبی، کاهش عملکرد محصول و مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی برای آماده‌سازی بستر بذر که سبب افزایش هزینه نیز می‌شود، از معایب خاک‌ورزی مرسوم و از بین بردن بقایای گیاهی محسوب می‌گردد (پروزی و همکاران، ۱۹۹۶)

با توجه به تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته ارزیابی و اثبات مزایای قابل توجه در استفاده از کنترل ترافیک زراعی به خصوص در کم‌خاک‌ورزی و سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی و هم‌چنین مدیریت بقایای گیاهی در مزرعه به گونه‌ای که مشکلات مربوط به تراکم خاک را به حداقل برساند و هم‌چنین بررسی اثر شیوه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی متداول بر خصوصیات فیزیکی خاک از اهداف اصلی این تحقیق می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد و در آخرین سال زراعی اجرای طرح پنج ساله (۹۵-۹۴) انجام گردید. طرح آماری مورد استفاده به صورت طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام گرفت. در این طرح تاثیر سه شیوه عملیات خاک‌ورزی شامل: ۱- شیوه متداول خاک‌ورزی^۳ (شخم+ دیسک+ تسطیح+ کاشت با بذر کار)، ۲- شخم کاهش یافته^۴ (دیسک سبک+ کاشت با بذر کار)، ۳- بدون شخم^۵ (کاشت مستقیم با بذر کار) در کرت‌های اصلی، و مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح شامل: ۱- بدون بقایا، ۲- حفظ ۳۰٪ بقایا، ۳- حفظ ۶۰٪ بقایای محصول قبلی که در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

رشد در ایران است که به‌عنوان وسیله‌ای برای رسیدن به پایداری تولید در سامانه‌های کشاورزی در نظر گرفته شده‌است. بدین معنی که سعی می‌شود در این سامانه تا جایی که امکان دارد از تردد بی‌رویه ماشین‌های کشاورزی به داخل زمین زراعی جلوگیری شود تا از این طریق به حفظ ساختار خاک کمک شود. تاکنون تحقیقات زیادی در ارتباط با بررسی مزایای خاک‌ورزی حفاظتی صورت گرفته است که بخشی از تحقیقات استفاده از گاوآهن برگردان‌دار به افزایش تلفات رطوبت خاک و در نهایت به کاهش عملکرد دانه منجر می‌گردد. در مقابل، سامانه‌های بدون خاک‌ورزی منجر به کاهش تبخیر و رواناب گردیده‌اند (عظیم‌زاده و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج تحقیقات نشان داده‌اند که به‌کار بردن سامانه بدون عملیات خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول طی یک دوره ۵ ساله منجر به افزایش عملکرد گندم می‌گردد (لوپز گاریدو و همکاران، ۲۰۱۴). محققین گزارش کرده‌اند تراکم حجمی خاک^۱ و مقاومت به نفوذ^۲ در عمق ۳۰ سانتی متر در تیمارهای کنترل ترافیک در مزارع نیشکر کاهش قابل توجهی می‌یابد (بروناک و همکاران، ۲۰۰۶). بررسی تأثیر بی‌خاک‌ورزی بر رشد گندم با کشت بر روی بقایای سورگوم در آمریکا نشان داد که در سامانه بی‌خاک‌ورزی جرم حجمی و مقاومت در برابر نفوذ خاک افزایش، اما در رشد گندم تفاوت چندانی مشاهده نشد. براساس نتایج محتوای رطوبتی خاک در شرایط خشک در روش بی‌خاک‌ورزی، بیشتر و نفوذپذیری خاک نیز پس از آبیاری بهبود یافت (گودس فیلو و همکاران، ۲۰۱۳). حفظ بقایا در سطح خاک با استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی برای حفاظت از خاک در تمامی طول سال توصیه شده است. بقایای گیاهی روی سطح زمین تبخیر و سله بستن و سفت شدن سطح خاک و فرسایش را محدود کرده و نفوذپذیری خاک را افزایش می‌دهد (آلوارز و استینیچ، ۲۰۰۹). بوتا و همکاران (۲۰۰۹) شدت ترافیک و تراکم خاک را در چهار روش مختلف خاک‌ورزی شامل کشت مستقیم و سه روش مرسوم مقایسه نمودند. بررسی فاکتورهای شاخص مخروط خاک در عمق ۴۵-۰ سانتیمتر، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل خاک و عمق فرو رفتن چرخ تراکتور در خاک نشان داد که خلل و فرج خاک در روش کشت مستقیم ۷ درصد کاهش می‌یابد در صورتی که کاهش خلل و فرج در روش‌های مرسوم تا حدود ۱۵ درصد نیز می‌رسد. نتایج بررسی رشد ریشه گندم در خاک خشک تحت سه روش خاک‌ورزی مرسوم، بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی نشان داده که بیشترین رشد ریشه در روش بی‌خاک‌ورزی و کمترین رشد در روش مرسوم می‌باشد (چن و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی و استقرار گیاه در دو سامانه تسطیح دقیق و تسطیح سنتی جهت بهبود کارایی مصرف آب، منافع

³-Conventional tillage

⁴-Reduced tillage

⁵-No-tillage

¹-Bulk density

²-Penetration resistance

(MWD) که نشان‌دهنده مقدار پایداری خاک‌دانه است نیز از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد (سیمس و انیل، ۱۹۹۴).

$$MWD = \sum_{i=1}^n \bar{X}_i \cdot W_i \quad (2)$$

در این رابطه \bar{X}_i : میانگین قطر خاک‌دانه‌های باقیمانده بر روی الک، W_i : نسبت وزن خاک‌دانه‌های باقیمانده بر روی هر الک به وزن کل نمونه، n : تعداد الک‌ها می‌باشد.

۲-۳ اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک^۱

به منظور تعیین مقاومت به نفوذ خاک از شاخص مخروطی استفاده شد. برای اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک از دستگاه فروسنج الکتریکی^۲ مدل Eijkelkmap ساخت کشور هلند استفاده گردید. از مخروط استاندارد با زاویه راس ۶۰ درجه، قطر اسمی ۱۱/۲۸ میلی‌متر و سطح یک سانتی‌متر مربع استفاده شد و سرعت نفوذ درون خاک ۲ سانتی‌متر در ثانیه بود. اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک به ازای هر سانتی‌متر فرو رفتن مخروط در داخل خاک، نیروی مقاومت خاک را اندازه گرفته و شاخص مخروطی خاک را برحسب (MPa) محاسبه و ثبت می‌نماید (سیمس و انیل، ۱۹۹۴). نمونه‌برداری شاخص مخروطی پس از سبز شدن گندم و در زمان رویش آن صورت گرفته است. میانگین رطوبت خاک در زمان اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر به ترتیب برای بدون خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول ۱۶/۵، ۱۵ و ۱۴/۵ درصد بود.

۲-۴ اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک

به منظور اندازه‌گیری درصد محتوی رطوبتی، نمونه‌های خاک در عمق‌های معین وزن شده و در آونی با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. بعد از ۲۴ ساعت وزن خاک خشک شده اندازه‌گیری شد و در نهایت با استفاده از رابطه (۳) رطوبت خاک براساس درصد وزن خشک بدست آمد. (سیمس و انیل، ۱۹۹۴):

$$MC = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100 \quad (3)$$

که در این رابطه W_w : جرم خاک مرطوب، W_d : جرم خاک خشک بر حسب گرم (gr) می‌باشند.

در تیمار حفظ بقایا از عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاهان زراعی برای محاسبه میزان بقایا بر روی سطح خاک استفاده شد، بدین صورت که با تغییر ارتفاع برداشت توسط کمباین بخشی از بقایا بصورت ایستاده و مابقی بر روی سطح خاک پخش خواهد شد. ابعاد هر کرت آزمایش ۳۰×۱۵ متر (۴۵۰ متر مربع) بود. در این آزمایش سامانه تناوبی پایدار پیشنهادی برای منطقه شامل گندم-کلزا-گندم-شیدر-گوجه فرنگی-گندم به صورت کشت آبی مورد بررسی قرار گرفته بود. برای آبیاری از سیستم آبیاری تحت فشار با استفاده از لوله‌های نواری تیپ استفاده شده بود. دور آبیاری نیز با توجه به بافت خاک و ظرفیت نگهداری آن تعیین، و در طول فصل نیز حجم آب مصرفی توسط کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. در روش کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی) در زمینی که مورد کشت گوجه فرنگی بوده و قبل از کشت هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی صورت نگرفته بود با یک بار حرکت مستقیم بذر کار کشت مستقیم در مزرعه عمل کشت انجام شد. در روش کم خاک‌ورزی از یک دستگاه دیسک استفاده شد و عملیات خاک‌ورزی در یک مرحله در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر انجام گردید و سپس برای کشت گندم از بذارکار خطی کار استفاده شد. در روش مرسوم، خاک‌ورزی توسط گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و تسطیح در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر انجام شد و سپس گندم توسط خطی کار کشت گردید عملیات کشت نیز در اواخر مهرماه با نوع رقم گندم پیشگام با مقدار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار با عمق کشت ۵ تا ۸ سانتی‌متر صورت گرفته بود.

۲-۱ اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک

جهت تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک، با استفاده از استوانه‌های نمونه‌گیری از اعماق ۰-۱۰ و ۰-۳۰ سانتی‌متری هر تیمار نمونه‌برداری شد. نمونه‌های دست نخورده به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و با استفاده از فرمول زیر جرم مخصوص ظاهری بر مبنای خاک خشک محاسبه گردید (سیمس و انیل، ۱۹۹۴):

$$BD = \frac{W_d}{V} \quad (1)$$

که در آن BD = جرم مخصوص ظاهری خاک (gr.cm-3)، W_d = جرم خاک خشک (gr) و V = حجم کل خاک می‌باشد.

۲-۲ اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر کلوخه

(MWD)

اندازه‌گیری توزیع اندازه‌ی پایداری خاک‌دانه‌ها با استفاده از الک‌های مخصوص انجام می‌گردد. الک‌های مورد استفاده در این آزمایش از کوچک به بزرگ به ترتیب شامل اندازه‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌متر بودند. قطر متوسط وزنی خاک‌دانه‌ها

^۱-Cone index

^۲-Penetrometer

۲-۵ اندازه‌گیری ماده آلی خاک (کربن آلی خاک)

برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک نمونه‌برداری بعد از عملیات خاک‌ورزی با استوانه‌های نمونه‌گیری از اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در ۳ تکرار در هر کرت انجام شد. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد، آسیاب شده و از الک ۰/۵ میلی متری عبور کرده و کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (واکلی و بلک) اندازه‌گیری شدند. این روش بدین صورت است که یک ماده اکسید کننده به خاک اضافه می‌شود تا کربن را اکسید کند و در نهایت مقدار ماده اکسید کننده باقی مانده را اندازه‌گیری کرده و مقدار کربن اندازه‌گیری می‌شود (واکلی و بلک، ۱۹۳۴).

۳- نتایج و بحث

۳-۱ جرم مخصوص ظاهری خاک

نتایج حاصل از اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و بقایای سطحی بر جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۰-۱۰ و ۳۰-۱۰ سانتی‌متر در جدول (۱) مشاهده می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری بیشترین میزان جرم مخصوص ظاهری مربوط به تیمار بدون خاک‌ورزی و فاقد بقایای گیاهی و کمترین مربوط به تیمار کم خاک‌ورزی و ۳۰ درصد بقایای گیاهی می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر

عمق (cm)	۰-۱۰	۳۰-۱۰
تیمار	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³)
بدون خاک‌ورزی		
بدون بقایا	۱/۶۶	۱/۵۳
۳۰٪ بقایا	۱/۶۲	۱/۴۷
۶۰٪ بقایا	۱/۶۳	۱/۴۸
کم خاک‌ورزی		
بدون بقایا	۱/۵۷	۱/۵۸
۳۰٪ بقایا	۱/۵۲	۱/۵۶
۶۰٪ بقایا	۱/۵۲	۱/۵۵
خاک‌ورزی مرسوم		
بدون بقایا	۱/۵۲	۱/۵۹
۳۰٪ بقایا	۱/۴۸	۱/۵۴
۶۰٪ بقایا	۱/۵۰	۱/۵۲

شده‌اند. روش بدون خاک‌ورزی و حداقل خاک‌ورزی، میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها را در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر از ۱۸/۸۳ میلی‌متر در تیمار خاک‌ورزی مرسوم به ترتیب ۲۸/۶۶ و ۲۳/۲۲ میلی‌متر افزایش داده است. علت این تفاوت در تیمار خاک‌ورزی این است که گاوآهن برگردان‌دار با برگردان کردن خاک باعث خرد شدن کلوخه‌ها و کاهش میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها می‌شود. این نتایج با یافته‌های

۳-۲ میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها (MWD)

نتایج تجزیه واریانس میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهند اثر خاک‌ورزی در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. اما بین سطوح مختلف بقایای گیاهی و اثر متقابل تیمارها هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار خاک‌ورزی در شکل ۱ نشان داده

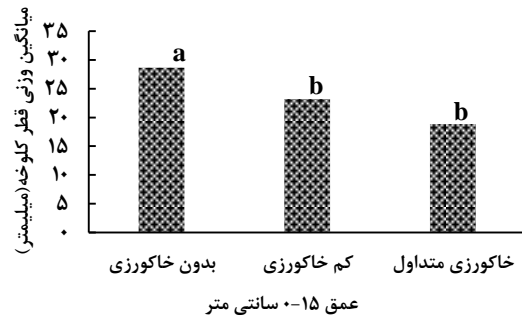
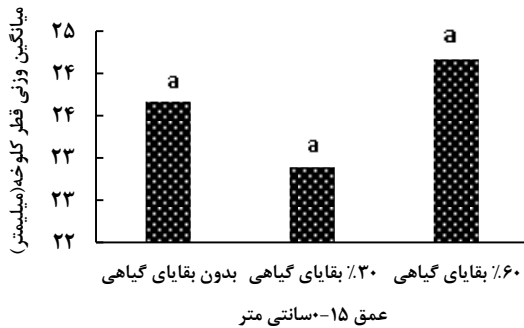
میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها مربوط به تیمار ۶۰٪ حفظ بقایا با ۲۴/۱۶ میلی‌متر و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۳۰٪ حفظ بقایا با ۲۲/۸۸ میلی‌متر می‌باشد. طبق آزمایشات به‌دست آمده استفاده طولانی مدت از بقایای گیاهی موجب افزایش ماده آلی خاک و افزایش میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها می‌شود (کریمی و همکاران، ۲۰۱۲؛ فلیباخ و همکاران، ۲۰۰۷).

آزپینار و کای (۲۰۰۶) که بیان کردند روش‌های خاک‌ورزی تاثیر معنی‌داری بر میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها دارند، هم‌خوانی دارد. هم‌چنین محققین دیگر بیان کردند انجام روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و حداقل، میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (بتاچاریا و همکاران، ۲۰۰۹؛ فرناندز اوگالدو و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج مربوط به اثر بقایا بر میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. بالاترین میزان

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات (MS) میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر

منابع تغییرات	درجه آزادی	۰-۱۵ cm
تکرار	۲	۱/۰۰۹ ^{ns}
خاک‌ورزی	۲	۲۱۸/۳۹۸ **
بقایای گیاهی	۲	۳/۷۳۱ ^{ns}
خاک‌ورزی × پوشش	۳	۱/۶۹ ^{ns}
اشتباه	۱۶	۲۶/۶۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۱/۹۱
ضریب تبیین (درصد)	-	۵۱/۴۹

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار



شکل ۲- تاثیر سطوح مختلف بقایای گیاهی بر میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها

شکل ۱- تاثیر روش‌های خاک‌ورزی بر میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها

اثر نوع ادوات خاک‌ورزی دانست. زیرا عملیات خاک‌ورزی به هرگونه‌ای با ایجاد تغییرات در ساختمان خاک و سست نمودن آن موجب کاهش شاخص مخروطی می‌شود (لپن و همکاران، ۲۰۰۴). در شیوه بدون خاک‌ورزی به دلیل عدم انجام عملیات خاک‌ورزی ذرات خاک در لایه‌های سطحی ۱۰-۰ سانتی‌متر میانگین میزان شاخص مخروطی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است که حداکثر شاخص مخروطی در عمق ۱۰-۵ سانتی‌متر به مقدار ۱۴۷۹ کیلوپاسکال به‌دست آمده است. اما در عمق ۳۵-۱۰ سانتی‌متری به دلیل وجود ریشه و بقایای گیاهی و افزایش تخلخل مقدار شاخص مخروطی دارای روند نزولی می‌باشد و حداقل میزان آن در عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر به میزان ۱۲۸۱ کیلوپاسکال رخ داده است. طبق نتایج

۳-۳ شاخص مخروطی خاک

مقدار میانگین شاخص مخروطی خاک در هفت عمق ۵-۰، ۱۰-۵، ۱۵-۱۰، ۲۰-۱۵، ۲۵-۲۰، ۳۰-۲۵، ۳۵-۳۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شد. نتایج تجزیه واریانس میانگین شاخص مخروطی نشان می‌دهد که این شاخص در اعماق مختلف تحت تاثیر شیوه‌های خاک‌ورزی و تیمار حفظ بقایا و هم‌چنین اثر متقابل تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود و با نتایج (بوتا و همکاران، ۲۰۰۹؛ گوزیبویوک و همکاران، ۲۰۱۴) هم‌خوانی داشت که در جدول (۳) نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمار خاک‌ورزی نیز در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. اختلاف میانگین مقدار شاخص مخروطی در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری را می‌توان به دلیل

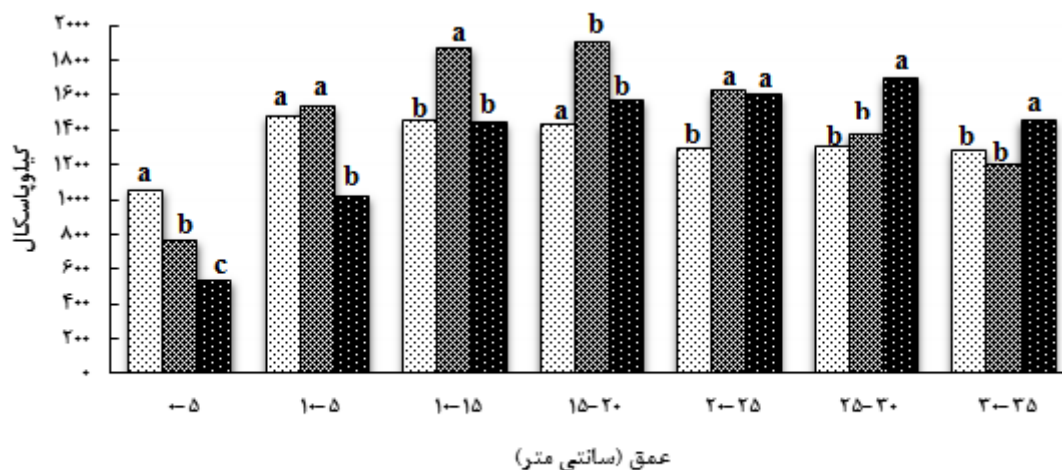
عمق ۵-۰ سانتی متری به میزان ۵۳۵ کیلوپاسکال بدست آمده است اما در عمق ۳۵-۲۰ سانتی متری به دلیل نیروی عمودی گاوآهن بر کف شیار شخم مقدار شاخص مخروطی نسبت به سایر شیوه‌های خاک‌ورزی بیشتر بوده و مقدار حداکثر آن در عمق ۳۰-۲۵ سانتی متر ۱۶۹۵ کیلوپاسکال می‌باشد. طبق نتایج محققین عملیات خاک‌ورزی موجب کاهش شاخص مخروطی و مقاومت خاک در خاک‌ورزی متداول می‌گردد (توپا و همکاران، ۲۰۱۱؛ واز و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف حفظ بقایا در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. تیمار فاقد بقایای گیاهی در عمق ۱۰-۰ سانتی متری دارای شاخص مخروطی بالاتری نسبت به سایر سطوح بقایا می‌باشد و دلیل آن نیز کم بودن رطوبت به علت عدم وجود بقایا است هم‌چنین کمترین میزان شاخص مخروطی به ترتیب در سطوح ۶۰٪ بقایا و ۳۰٪ بقایا رخ داده است که علت آن بالا بودن رطوبت به علت افزایش بقایا می‌باشد. طبق نتایج پوشش بقایای گیاهی در بلند مدت منجر به افزایش کربن آلی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب، کاهش تراکم خاک می‌شود (گوزیبویوک و همکاران، ۲۰۱۴).

محققین، شیوه بدون خاک‌ورزی به علت کاهش میزان خلل و فرج و هم‌چنین افزایش وزن مخصوص ظاهری دارای شاخص مخروطی بیشتری نسبت به سایر روش‌های خاک‌ورزی می‌باشد (لیو و همکاران، ۲۰۰۵؛ فاسینمیرین و ریچرت، ۲۰۱۱). در روش کم خاک‌ورزی نیز در عمق ۱۰-۰ سانتی متری به دلیل استفاده از دیسک و عدم برگرداندن کامل خاک باعث تحت تاثیر قرار گرفتن شاخص مخروطی و کاهش آن شده است که حداقل مقدار آن در عمق ۵-۰ سانتی متر به میزان ۷۶۳ کیلوپاسکال ثبت شد. اما در عمق‌های ۳۵-۱۰ سانتی متری به علت کاهش تاثیر ابزار خاک‌ورز و تغییر کمتر خاک مقدار شاخص مخروطی رو به افزایش می‌باشد و حداکثر آن در عمق ۲۰-۱۵ سانتی متر به میزان ۱۹۰۴ کیلوپاسکال بدست آمد که با نتایج (چن و همکاران، ۲۰۰۴؛ فرناندز اوگالدو و همکاران ۲۰۰۹) هم خوانی دارد. در تیمار خاک‌ورزی مرسوم به دلیل استفاده از گاوآهن برگردان دار و دیسک در عمق ۲۰-۰ سانتی متری به دلیل برگردان کردن کامل خاک و تغییر وضعیت خاک دارای شاخص مخروطی کمتری نسبت به سایر تیمارها خاک‌ورزی می‌باشد که حداقل آن در

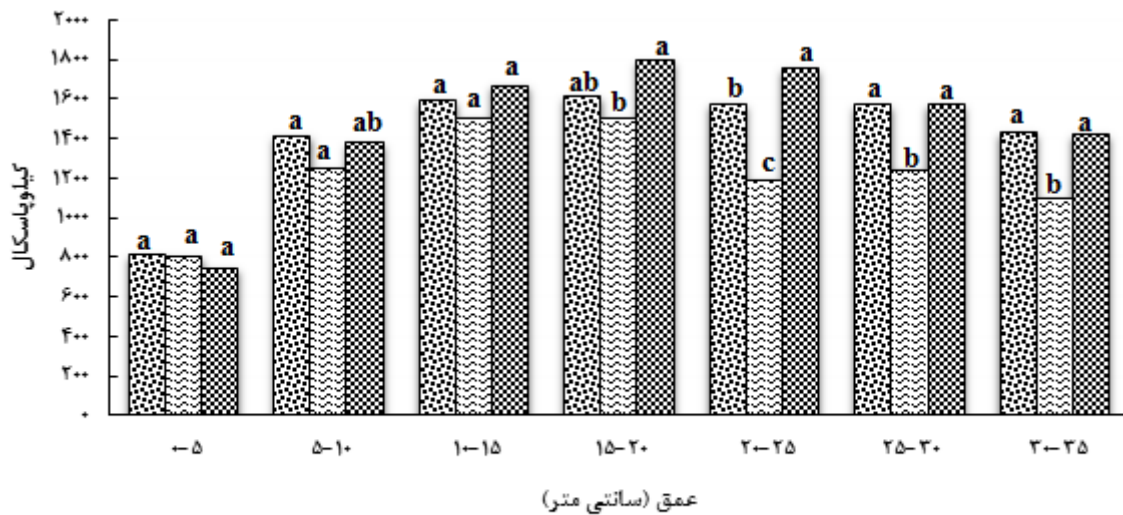
جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات (MS) شاخص مخروطی در عمق (۰-۳۵ سانتی متر)

منابع تغییرات	درجه آزادی	۰-۵ cm	۵-۱۰cm	۱۰-۱۵ cm	۱۵-۲۰ cm	۲۰-۲۵ cm	۲۵-۳۰ cm	۳۰-۳۵ cm
تکرار(بلوک)	۲	۱۵۰۵ ^{ns}	۱۳۸۲۳۷**	۱۵۴۶۰*	۶۵۰۴۸ ^{ns}	۳۴۲۹۶ ^{ns}	۹۴۸۸۵*	۹۷۶۲۶**
خاک‌ورزی	۲	۶۱۱۲۷۰**	۷۲۶۴۸۱**	۵۳۹۱۳۸**	۵۴۰۶۲۷**	۳۱۵۷۵۶**	۳۹۰۴۳۷**	۱۵۱۱۷۱**
بقایای گیاهی	۲	۱۱۷۴۰ ^{ns}	۶۷۶۶۸*	۶۱۳۶۷ ^{ns}	۱۹۴۸۳۰*	۷۴۱۳۶۶**	۳۲۵۶۸۰**	۳۱۹۵۷۵**
خاک‌ورزی × بقایای گیاهی	۴	۳۴۱۷۶ ^{ns}	۳۶۲۳۷ ^{ns}	۲۵۰۳۳۳**	۱۳۹۴۰۵*	۶۳۰۳۷*	۲۸۴۱۲ ^{ns}	۷۵۱۸۸**
اشتباه	۱۶	۱۲۱۲۷	۱۸۲۶۱	۳۸۸۴۶	۳۲۷۶۲	۱۶۸۱۹	۲۳۴۰۳	۱۴۸۰۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۴/۰۳	۱۰/۰۶	۱۲/۴۳	۱۱/۰۸	۸/۶۲	۱۰/۴۹	۹/۲۶
ضریب تبیین (درصد)	-	۸۷/۷۲	۸۷/۳۱	۸۰/۱۶	۸۰/۴۶	۹۰/۰۵	۸۲/۲۵	۸۵/۸۵

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و^{ns} غیر معنی دار



شکل ۳- تاثیر سطوح مختلف خاک‌ورزی بر شاخص مخروطی
 خاک‌ورزی متداول ■ کم خاک‌ورزی ■ بدون خاک‌ورزی □



۶۰٪ بقایای گیاهی □ ۲۰٪ بقایای گیاهی ▨ فاقد بقایای گیاهی □

شکل ۴- تاثیر سطوح مختلف بقایای گیاهی بر شاخص مخروطی

۳-۴ رطوبت خاک

نتایج تجزیه واریانس رطوبت وزنی در جدول ۴ آورده شده‌اند. اثر روش‌های خاک‌ورزی بر رطوبت وزنی خاک در سطح یک درصد و بقایای گیاهی و اثر متقابل آنها در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد که با نتایج گوزبویوک و همکاران (۲۰۱۴) هم‌خوانی دارد. نتایج مربوط به اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر رطوبت وزنی خاک در شکل ۵ نشان داده شده‌اند. وجود بقایای گیاهی در سطح خاک و عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری باعث کاهش تبخیر از سطح خاک شده است و تیمار بدون خاک‌ورزی با بیشترین درصد رطوبت ۱۷/۲۲ درصد در ردیف اول و کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول به ترتیب با ۱۶/۲۹ و ۱۵/۲۱ درصد در جایگاه بعدی قرار دارند. در عمق ۱۰-۲۰ سانتی-متری نیز تیمار بدون خاک‌ورزی با ۱۶/۱۶ درصد دارای بیشترین مقدار رطوبت و تیمار کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول با ۱۵/۳۲ و ۱۴/۹۱ درصد در جایگاه بعدی قرار گرفته‌اند. در عمق ۲۰-۳۰ سانتی‌متر به علت این‌که شاخص مخروطی خاک در خاک‌ورزی مرسوم و کم خاک‌ورزی بیشتر از بدون خاک‌ورزی می‌باشد لذا لایه فشرده موجب کاهش حرکت آب در خاک به سمت پایین می‌شود و موجب کاهش رطوبت در روش خاک‌ورزی مرسوم به مقدار ۱۴/۶۷ درصد و کم خاک‌ورزی با مقدار ۱۵/۰۴ درصد نسبت به بدون خاک‌ورزی با مقدار ۱۶/۶۱ درصد گردیده است. براساس گزارشات قبلی، میزان ذخیره رطوبت در تیمار بدون خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد و آن هم به خاطر داشتن منافذ ماکرو و کاهش سطح جریان آب در سطح خاک به دلیل وجود بقایای گیاهی و مالچ می‌باشد (گودارد و همکاران، ۲۰۰۸؛ لوپز گاریدو و همکاران،

۲۰۱۴). نتایج مربوط به اثر بقایای گیاهی بر رطوبت وزنی خاک در شکل ۶ نشان داده شده‌اند. در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر سطح ۳۰٪ حفظ بقایا دارای بیشترین رطوبت وزنی با مقدار ۱۶/۵۲ درصد و سطح فاقد بقایا دارای کمترین رطوبت وزنی با مقدار ۱۵/۷۵ درصد می‌باشد. در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متر نیز سطح ۳۰٪ حفظ بقایا با ۱۵/۷۵ درصد دارای بیشترین میزان رطوبت وزنی و سطح فاقد بقایا با ۱۵/۳۱ درصد دارای کمترین رطوبت وزنی می‌باشند. در عمق ۲۰-۳۰ سانتی‌متر نیز سطح ۳۰٪ حفظ بقایا دارای بیشترین مقدار ۱۵/۸۷ درصد و ۶۰٪ حفظ بقایا دارای کمترین مقدار ۱۴/۸۷ درصد رطوبت وزنی بودند. طبق نتایج افزایش بقایا در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش رطوبت وزنی خاک در مزرعه می‌شود (گودس فیلو و همکاران، ۲۰۱۳).

۳-۵ ماده آلی خاک (کربن آلی)

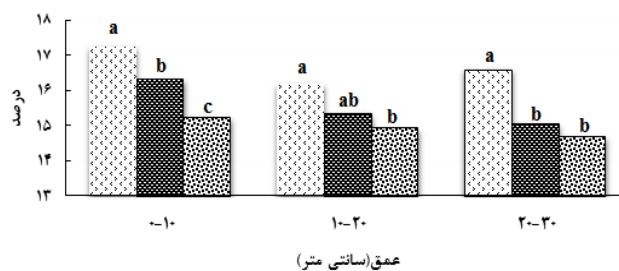
نتایج تجزیه واریانس ماده آلی خاک در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. اثر روش‌های خاک‌ورزی بر ماده آلی خاک در سطح یک درصد معنی‌دار و اثر بقایای گیاهی و اثر متقابل تیمارها نیز معنی‌دار نبودند که با نتایج دامینگز و همکاران هم‌خوانی دارد (دامینگز و بدانو، ۲۰۱۶). نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر ماده آلی خاک در شکل ۷ نشان داده شده‌اند. روش‌های بی‌خاک‌ورزی و حداقل خاک‌ورزی، میانگین ماده آلی خاک را در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر به ترتیب از ۰/۴ درصد در تیمار خاک‌ورزی مرسوم به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۴۷ درصد افزایش داده‌اند. محققان دریافتند مقدار ماده آلی موجود در خاک، شدیداً تحت تاثیر شیوه-

های خاک‌ورزی بوده و نشان دادند که در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر روش خاک‌ورزی مرسوم در مقایسه با روش‌های کم خاک‌ورزی و

جدول ۴- تجزیه واریانس میانگین مربعات (MS) رطوبت در عمق (۰-۳۰ سانتی متر)

منابع تغییرات	درجه آزادی	۰-۱۰cm	۱۰-۲۰ cm	۲۰-۳۰cm
بلوک	۲	۱/۸۳ ^{ns}	۲/۰۸ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}
خاک‌ورزی	۲	۹/۱۱ ^{**}	۳/۶۷ [*]	۹/۵۰ ^{**}
بقایای گیاهی	۲	۱/۶۱ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۲/۳۶ [*]
خاک‌ورزی × پوشش	۳	۱/۳۹ ^{ns}	۱/۸۶ ^{ns}	۱/۶۵ [*]
اشتباه	۱۶	۰/۵۱	۰/۸۲	۰/۴۴
ضریب تغییرات (درصد)	—	۴/۳۹	۵/۸۵	۴/۳۲
ضریب تبیین (درصد)	—	۷۸/۹۸	۶۰/۵۰	۸۱/۷۲

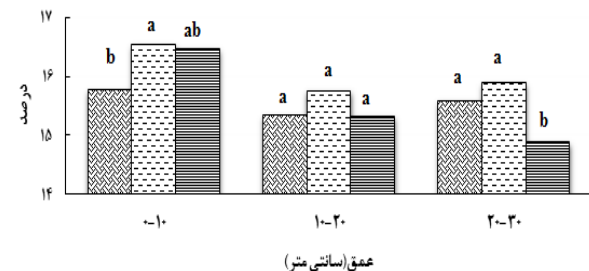
* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار



خاک‌ورزی متداول □ کم خاک‌ورزی ■ بدون خاک‌ورزی □

شکل ۵- تاثیر روش‌های خاک‌ورزی بر رطوبت وزنی خاک

در تیمارهای بقایای سطحی در شکل ۸ نشان داده شده‌اند. در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر بالاترین میزان ماده آلی خاک مربوط به سطح فاقد بقایای گیاهی ۰/۴۷۷ درصد و کمترین مربوط سطح ۶۰ درصد بقایای گیاهی ۰/۴۳۶ درصد می‌باشد. در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر بالاترین میزان ماده آلی خاک مربوط به سطح فاقد بقایای گیاهی ۰/۴۴۶ درصد و کمترین میزان در سطح ۶۰ درصد بقایای گیاهی ۰/۳۱۱ درصد می‌باشد. که با نتایج خورشید و همکاران (۲۰۰۶) هم‌خوانی ندارد زیرا طبق نتایج آنها سطوح با بقایای سطحی بیشتر دارای ماده آلی بیشتری بودند.



۶۰٪ بقایای گیاهی ■ ۳۰٪ بقایای گیاهی □ فاقد بقایای گیاهی □

شکل ۶- تاثیر سطوح مختلف بقایای گیاهی بر رطوبت وزنی خاک

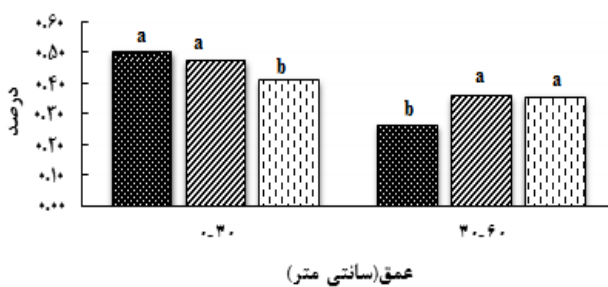
بدون خاک‌ورزی باعث کاهش معنی‌دار میزان ماده آلی خاک شده است (دامینگوز و بدانو، ۲۰۱۶؛ فرناندز اوگالدو و همکاران، ۲۰۰۹). لذا علت افزایش ماده آلی در روش‌های خاک‌ورزی حداقل و حفاظتی را می‌توان به هم نخوردن خاک، عدم سوزاندن و هم‌چنین نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک دانست.

در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری نیز بالاترین میزان ماده آلی خاک مربوط به روش کم خاک‌ورزی ۰/۳۵ درصد و کمترین میزان در روش بدون خاک‌ورزی ۰/۲۶ درصد می‌باشد. رایت و هانس گزارش کردند که کاربرد روش بی‌خاک‌ورزی، باعث افزایش معنی‌دار میزان خاک‌دانه‌ها، مقدار کربن آلی و نیتروژن آلی خاک سطحی شد (رایت و هانس، ۲۰۰۵). بر اساس نتایج به‌دست آمده در روش خاک‌ورزی مرسوم، به هم خوردن خاک باعث تجزیه بیشتر و سریع‌تر بقایای گیاهی شده و کربن و ازت موجود در مواد آلی زودتر معدنی شده و در نتیجه سریع‌تر از دست می‌رود (لوپز فاندو و همکاران، ۲۰۰۷؛ شی و همکاران ۲۰۱۲). نتایج مربوط به مقایسه میانگین مقدار ماده آلی

جدول ۵- تجزیه واریانس میانگین مربعات (MS) ماده آلی خاک در عمق (۰-۶۰ سانتی متر)

منابع تغییرات	درجه آزادی	۰-۳۰cm	۳۰-۶۰ cm
تکرار	۲	۰/۰۰۱۴ ^{NS}	۰/۰۰۱۳ ^{NS}
خاک‌ورزی	۲	۰/۰۲۰۱ ^{**}	۰/۰۲۶۷ ^{**}
بقایای گیاهی	۲	۰/۰۰۳۸ ^{NS}	۰/۰۰۳۷ ^{NS}
خاک‌ورزی × پوشش	۳	۰/۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۰۹۳ ^{NS}
اشتباه	۱۶	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۳۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۰/۶۰	۱۷/۳۵
ضریب تبیین (درصد)	-	۶۲/۵۳	۶۶/۶۹

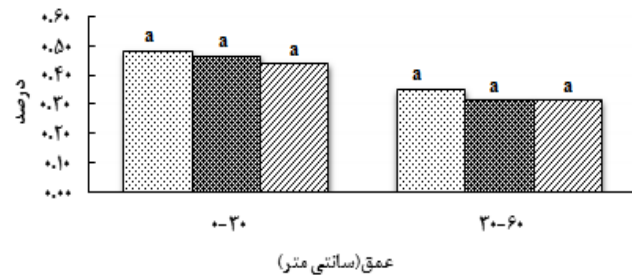
* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{NS} غیر معنی‌دار



خاک‌ورزی متداول □ کم خاک‌ورزی ▨ بدون خاک‌ورزی ■

شکل ۷- تاثیر روش خاک‌ورزی بر میزان ماده آلی خاک

حد زیادی به افزایش رطوبت خاک کمک کرده است. با این حال به نظر می‌رسد وجود سطوح مختلف بقایای محصول تاثیر کمی در کاهش فشردگی خاک داشته باشد لذا شاید ساده‌ترین راه برای کاهش فشردگی خاک کاهش تعداد تردد وسایل و ادوات کشاورزی باشد. در مجموع نتایج این پژوهش نشان می‌دهد سامانه‌های خاک‌ورزی متداول در سیستم‌های کشت زراعی با توجه به نوع بافت خاک منجر به توسعه سخت لایه شخم در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر می‌شود در حالی‌که در سامانه‌های بدون خاک‌ورزی به‌علت افزایش پوشش بقایای گیاهی در بلند مدت منجر به افزایش مواد آلی خاک، افزایش رطوبت خاک، کاهش شاخص مخروطی و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در اعماق پایین خاک می‌گردد.



۶۰٪ بقایای گیاهی □ ۳۰٪ بقایای گیاهی ▨ فاقد بقایای گیاهی □

شکل ۸- تاثیر سطوح مختلف بقایای گیاهی بر ماده آلی خاک

۴- نتیجه‌گیری

از نتایج این تحقیق چنین استنباط می‌شود که فاکتور خاک‌ورزی بیشترین تاثیر را بر خصوصیات فیزیکی خاک دارد. عملیات خاک‌ورزی در هر شکلی با ایجاد تغییر در ساختمان خاک و سست نمودن آن باعث کاهش شاخص مخروطی و میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها می‌شود. در مقابل روش بدون خاک‌ورزی با افزایش وزن مخصوص ظاهری در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری شاخص مخروطی بالاتری را نسبت به سایر روش‌های خاک‌ورزی نشان می‌دهد. بالا بودن میزان رطوبت و میزان ماده آلی در تیمار بدون خاک‌ورزی نسبت به سایر روش‌های خاک‌ورزی نیز به‌خاطر وجود بقایای محصول و عدم برگرداندن آن و حفظ ساختار خاک بوده و تا

منابع مورد استفاده

- Alvarez, R. and H. S. Steinbach. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. Soil Till. Res. 104: 1-15.
- Azimzadeh, S., A. Koochaki. 2009. Effect of different tillage methods on bulk density, porosity, soil moisture and yield of wheat in dryland conditions. JOURNAL OF CROP SCIENCES, 4(3): 218-233. (In Farsi).

- Biondini, M. E., C. D. Bonham and E. F. Redente. 1985. **Secondary successional patterns in a sagebrush (*Artemisia tridentata*) community as they relate to soil disturbance and soil biological activity.** *Plant Ecology*, 60(1), pp.25-36.
- Bhattacharyya, R., V. Prakash, S. Kundu, A. K. Srivastva, and H. S. Gupta. 2009. **Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and crop regimes.** *Agriculture, ecosystems & environment*, 132(1), pp.126-134.
- Botta, G., A. Tolo´n-Becerra and F. Bellora Tourn. 2009. **Seedbed compaction produced by traffic on four tillage regimes in the rolling Pampas of Argentina.** *Soil Till. Res.*105, 128–134.
- Braunack, M.V., D. McGarry and S. Y. D. J. Venture. 2006. **Traffic control and tillage strategies for harvesting and planting of sugarcane (*Saccharum officinarum*) in Australia.** *Soil and Tillage Research*, 89(1), pp.86-102.
- Celik, A and S. Altıkat. 2010. Effects of various strip widths and tractor forward speeds in strip tillage on soil physical properties and yield of silage corn. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(3), pp.169-179.
- Chen, Y., S. Tessier and B. Irvine. 2004. **Drill and crop performances as affected by different drill configurations for no-till seeding.** *Soil and Tillage Research*, 77(2), pp.147-155.
- Chen, H., R. Hou, Y. Gong, H. Li, M. Fan and Y. Kuzyakov. 2009. **Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions in wheat monoculture in Loess Plateau of China.** *Soil and Tillage Research*, 106 (1), pp.85-94.
- Domínguez, A and J. C. Bedano. 2016. **The adoption of no-till instead of reduced tillage does not improve some soil quality parameters in Argentinean Pampas.** *Applied Soil Ecology*, 98, pp.166-176.
- Duiker, S.W. and W. S. Curran. 2005. **Rye cover crop management for corn production in the northern Mid-Atlantic region.** *Agronomy journal*, 97(5), pp.1413-1418.
- Fasinmirin, J.T. and J. M. Reichert. 2011. **Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta crantz*) production in the tropics.** *Soil and Tillage Research*, 113(1), pp.1-10.
- Fernández-Ugalde, O., I. Virto, P. Bescansa, M. J. Imaz, A. Enrique and D. L. Karlen. 2009. **No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils.** *Soil and Tillage Research*, 106(1), pp.29-35.
- Fliebbach, A., H. R. Oberholzer, L. Gunst, and P. Mäder. 2007. **Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming.** *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1), pp.273-284.
- Goddard, T., M. Zoebisch, Y. Gan, W. Ellis, A. Watson, S. Sombatpanit. 2008. **No-till farming systems. World Association of Soil and Water Conservation (WASWC), Special, Publication No 3.**
- Gozubuyuk Z, U. Sahin, I. Ozturk, A. Celik and M. C. Adiguzel. 2014. **Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semi-arid region with a cool climate.** *Catena*, 118, pp.195-205.
- Guedes Filho, O., H. Blanco-Canqui and A. P. da Silva. 2013. **Least limiting water range of the soil seedbed for long-term tillage and cropping systems in the central Great Plains, USA.** *Geoderma*, 207, pp.99-110.
- He, J., A. D., McHugh, H. W. Li, Q. J., Wang, W. Y., Li, R. G. Rasaily, and H. Li. 2012. **Permanent raised beds improved soil structure and yield of spring wheat in arid north-western China.** *Soil Use and Management*, 28(4), pp.536-543.
- Holland, J.M., 2004. **The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence.** *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103(1), pp.1-25.

- Jat, M. L., M. K. Gathala, J. K. Ladha, Y. S. Saharawat, A. S. Jat, V. Kumar, S. K. Sharma, V. Kuma, and R. Gupta. 2009. **Evaluation of precision land leveling and double zero-till systems in the rice-wheat rotation: Water use, productivity, profitability and soil physical properties.** Soil and Tillage Research, 105 (1): 112-121.
- Karami, A., M. Homaei, S. Afzalinia, H. Ruhipour and S. Basirat. 2012. **Organic resource management: impacts on soil aggregate stability and other soil physico-chemical properties.** Agriculture, Ecosystems & Environment, 148, pp.22-28.
- Khalilian, A. and R. P. Hallman. 1996, **July. Energy Requirements of Conservation Tillage Tools in Coastal Plain Soils.** In Proc. Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture, SP (pp. 96-07).
- Khurshid, K.A. S. H. I. F., M. U. H. A. M. M. A. D. Iqbal, M. S. Arif and A.L.L.A.H. Nawaz. 2006. **Effect of tillage and mulch on soil physical properties and growth of maize.** International Journal of Agriculture and Biology, 8(5), pp.593-596.
- Kilic, K., E. Özgöz, and F. Akbaş. 2004. **Assessment of spatial variability in penetration resistance as related to some soil physical properties of two fluvents in Turkey.** Soil and Tillage Research, 76(1), pp.1-11.
- Lapen, D.R., G. C. Topp, M. E. Edwards, E. G. Gregorich and W. E. Curnoe. 2004. **Combination cone penetration resistance/water content instrumentation to evaluate cone penetration-water content relationships in tillage research.** Soil and Tillage Research, 79(1), pp.51-62.
- Liu, S., H. Zhang, Q. Dai, Z. Huo., K. Xu and H. Ruan. 2005. **Effects of no-tillage plus inter-planting and remaining straw on the field on cropland eco-environment and wheat growth.** Ying yong sheng tai xue bao= The journal of applied ecology/Zhongguo sheng tai xue xue hui, Zhongguo ke xue yuan Shenyang ying yong sheng tai yan jiu suo zhu ban, 16(2), pp.393-396.
- López-Garrido, R., E. Madejón, M. León-Camacho, I. Girón, F. Moreno and J. M. Murillo. 2014. **Reduced tillage as an alternative to no-tillage under Mediterranean conditions: A case study.** Soil and tillage Research, 140, pp.40-47.
- López-Fando, C., J. Dorado and M. T. Pardo. 2007. **Effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil properties and crop yields in a semi-arid soil from central Spain.** Soil and Tillage Research, 95(1), pp.266-276.
- Madejón, E., J. M. Murillo, F. Moreno, M. V. López, J. L. Arrue, J. Alvaro-Fuentes and C. Cantero. 2009. **Effect of long-term conservation tillage on soil biochemical properties in Mediterranean Spanish areas.** Soil and Tillage Research, 105 (1): 55-62.
- McHugh, A.D., J. N. Tullberg, and D. M. Freebairn. 2009. **Controlled traffic farming restores soil structure.** Soil and Tillage Research, 104(1), pp.164-172.
- Ozpinar, S. and A. Cay. 2006. **Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-loam soil in semi-arid north-western Turkey.** Soil and Tillage Research, 88(1), pp.95-106.
- Peruzzi, M., M. Taffaelli and S. D. Ciolo. 1996. **Evaluation on the performances of a peculiar combined machine for direct drilling and two no-till drills for hard winter wheat and maize cultivation.** International conference on Agricultural Engineering, Madrid.
- Shi, X.H., X. M. Yang, C. F. Drury, W. D. Reynolds, N. B. McLaughlin, and X. P. Zhang. 2012. **Impact of ridge tillage on soil organic carbon and selected physical properties of a clay loam in southwestern Ontario.** Soil and Tillage Research, 120, pp.1-7.
- Sims, B.G. and D. H. O'Neill. 1994. **Testing and evaluation of agricultural machinery and equipment:** Principles and practices (No. 110). Food & Agriculture Org.

- Topa, D., C. Ailincăi and G. Jităreanu. 2011. **Soil compaction influence on winter wheat yield and soil physical properties.** *Lucrări Științifice-Seria Agronomie*, 54, pp.306-310.
- Usowicz, B. and J. Lipiec. 2009. **Spatial distribution of soil penetration resistance as affected by soil compaction: The fractal approach.** *Ecological Complexity*, 6(3), pp.263-271.
- Vaz, C. M., J. M. Manieri, I. C. De Maria and M. Tuller. 2011. **Modeling and correction of soil penetration resistance for varying soil water content.** *Geoderma*, 166(1), pp.92-101.
- Verhulst, N., F. Kienle, K. D. Sayre, J. Deckers, D. Raes, A. Limon-Ortega, L. Tijerina-Chavez and B. Govaerts. 2011. **Soil quality as affected by tillage-residue management in a wheat-maize irrigated bed planting system.** *Plant and Soil*, 340(1-2), pp.453-466.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. **An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method.** *Soil science*, 37(1), pp.29-38.
- Wright, A. L. and F. M. Hons. 2005. **Tillage impacts on soil aggregation and carbon and nitrogen sequestration under wheat cropping sequences.** *Soil and tillage research*, 84(1), pp.67-75.
- Zhang, Z., H. Qiang, A. D. McHugh, J. He, H. Li, Q. Wang, and Z. Lu. 2016. **Effect of conservation farming practices on soil organic matter and stratification in a mono-cropping system of Northern China.** *Soil and Tillage Research*, 156, pp.173-181.

The Effects of Conservation Tillage and Residual Management on Soil Properties

V. Bahrpour¹, A. Rohani^{1*}, M. H. Abbaspour-Fard¹, S. Zarifneshat² and M. H. Aghkhani¹

Received : 17 Apr 2017

Accepted: 17 June 2017

¹Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

²Agricultural Engineering Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Mashhad, Iran

*Corresponding author: arohani@um.ac.ir

Abstract

This study aimed to compare the effects of practices of protective agriculture and conventional methods of farming on soil compaction and the amount of plant residues. The experiments included 9 treatments based on split plot design in a randomized complete block with three replications in Mashhad Agricultural Research Station of Torogh, Iran. The treatments were consisted of three different tillage practices at three levels (1- conventional tillage, 2- reduced tillage, 3- No-tillage) and crop residue management at three levels (1- without residue, 2- retains 30% residue, 3- preserved remains 60%). Some physical parameters of soil such as cone index, bulk density, mean weight diameter and aggregate soil moisture content were measured in this study. The results showed that the effect of various tillage methods on all of the studied indices was significant. The effect of management methods on plant residues were also significant on cone index and moisture content of the soil. The effect of interaction of two factors on cone index for some depths of the soil and soil moisture content was significant.

Keywords: Tillage method, Residue management, Soil properties