ارزیابی اثر مدیریت بقایا و خاکورزی حفاظتی بر فشردگی خاک

(مطالعه موردی در منطقه معتدل سرد استان خراسان رضوی)

وحید بحرپور[۱]، عباس روحانی[۲*]، محمد حسین عباسپور فرد[۲]، محمد حسین آق خانی[۲]، سعید ظریف نشاط[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

* ایمیل نویسنده مسئول: arohani@um.ac.ir

چکیده

این تحقیق با هدف مقایسه شیوه های کشاورزی حفاظتی در مقایسه با شیوه متداول زراعی و تاثیر آن بر فشردگی خاک انجام شد، تحقیق حاضر قسمتی از یک پروژه پنج ساله می باشد. این آزمایش با استفاده از طرح کرت های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی و با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد اجرا گردید. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از شیوه های مختلف خاکورزی در سه سطح در کرت های اصلی (۱- خاکورزی متداول، ۲- کم خاکورزی، ۳- بی خاکورزی) و فاکتور فرعی، مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح (۱- بدون بقایا، ۲- حفظ ۳۰ درصد بقایا، ۳- حفظ ۶۰ درصد بقایا) در کرت های فرعی قرار گرفته بودند. اندازه گیری چهار خصوصیت فیزیکی شامل: شاخص نفوذ پذیری خاک، وزن مخصوص ظاهری، میانگین وزنی قطر کلوخه و محتوی رطوبت خاک در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که اثر شیوه های مختلف خاکورزی بر تمامی خصوصیات مورد بررسی تاثیر معنی داری دارد و تیمار مدیریت بقایای گیاهی نیز اثر معنی داری بر شاخص نفوذ پذیری و محتوی رطوبت خاک داشته است.

کلمات کلیدی: بدون شخم، فشردگی خاک، خاکورزی متداول، شاخص مخروطی

مقدمه

بسیاری از خاک های مناطق مختلف دنیا دارای لایه ی فشرده شده‌ای می‌باشند که از بین بردن این لایه نیاز به خاک‌ورزی عمیق دارد که سالیانه هزینه بالایی را به خود 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 موردنیاز

می‌تواند بسیار مفید باشد(Khalilian and Hallman, 1996). تحقیقات محققین نشان داده است که فشردگی خاک [1]می تواند اثر منفی بر رشد گیاه، آب ذخیره شده در خاک، کارایی استفاده آب توسط گیاه، ویژگی های رشد و نمو گیاه، توسعه و توزیع ریشه در خاک، جذب مواد غذایی توسط ریشه و عملکرد گیاه داشته باشد. فشردگی خاک در زمین های کشاورزی عمدتا به وسیله عبور ماشین آلات سنگین در طی عملیات خاکورزی، کاشت، کودهی و در نهایت برداشت ایجاد میشود (Lipiec *et al*., 2009). کنترل ترافیک زراعی یکی از عوامل موثر در کاهش فشردگی خاک می باشد زیرا پوشش خاک و کاهش خاکورزی از مکانیزم های موثر جهت کنترل فرسایش خاک و رواناب شناخته شده اند . شخم و به طور کلی خاک ورزی فوایدی مانند تهیه بستر مناسب بذر برای جوانه زنی و رشد گیاه، مبارزه با علف های هرز، افزایش نفوذ سنجی آب در خاک و تسریع فرایند های تجزیه به دلیل مداخله فیزیکی و مخلوط کردن خاک و قرار دادن خاکدانه ها در معرض هوای آزاد دارد (Holland *et al*., 2004). لیکن افراط در خاک ورزی به دلیل افزودن سطح موثر خاک و قرار دادن پیوسته خاک در معرض رژیم های متناوب رطوبت/ خشکی و یخ/ذوب باعث آسیب پذیری بیشتر خاکدانه ها و تجزیه هرچه بیشتر ماده آلی خاک شده و ساختمان خاک آسیب می بیند. خاکورزی حفاظتی[2] (کم خاکورزی به خصوص بی خاکورزی) یک حرکت سریع و رو به رشد در ایران است که به عنوان وسیله ای برای رسیدن به پایداری در سیستم های کشاورزی در نظر گرفته شده است بدین معنی که سعی می شود در این سیستم تا جایی که امکان دارد از ورود ماشین های کشاورزی به داخل زمین زراعی جلوگیری شود تا از این طریق به حفظ ساختار خاک کمک شود. در یک آزمایش در شمال کوئیزلند استرالیا کاهش قابل توجه تراکم حجمی خاک[3]و مقاومت به نفوذ[4] در عمق ۳۰ سانتی متر در تیمارهای کنترل ترافیک در مزارع نیشکر مشاهده گردید (Braunack and McGarry, 2006). در یک بررسی تأثیر بی خاک ورزی را بر روی رشد گندم با کشت بر روی بقایای برنج را در چین بررسی شد. محققین دریافتند در بی خاک ورزی جرم حجمی و مقاومت در برابر نفوذ خاک افزایش داشت اما رشد گندم تفاوت چندانی نداشت و محتوای رطوبتی خاک در شرایط خشک در روش بی خاک ورزی بیشتر بود و نفوذسنجی خاک پس از آبیاری بهتر شده بود (Liu *et al*., 2005). استفاده از کم خاک‌ورزی به عنوان روشی در حفاظت خاک که با بجا گذاشتن بقایای حفاظت کننده، پوششی را در سطح خاک ایجاد می‌کند. در تمامی طول سال توصیه شده است، بقایای گیاهی روی سطح زمین تبخیر و سله بستن و سفت شدن سطح خاک را محدود کرده و نفوذپذیری را افزایش و فرسایش را کاهش می دهد (Alvarez and Steinbach, 2009). محققین شدت ترافیک و تراکم خاک را در چهار روش مختلف خاک ورزی شامل کشت مستقیم و سه روش مرسوم مقایسه نمودند (Botta *et al*., 2009). فاکتورهای شاخص مخروط خاک در عمق ۴۵-۰ سانتیمتر، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل خاک و عمق فرورفتن چرخ تراکتور در خاک اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که خلل و فرج خاک در روش کشت مستقیم ۷ درصد کاهش می یابد در صورتی که کاهش خلل و فرج در روشهای

1 Soil compaction
2 _Conservation tillage
۳- Bulk density
٤-Penetration resistance

مرسوم تا حدود ۱۵ درصد نیز می رسد. لذا با توجه به کلیه تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته ارزیابی و اثبات مزایای قابل توجه در استفاده از کنترل ترافیک زراعی به خصوص در خاکورزی مرسوم و سیستم های بی خاکورزی و همچنین مدیریت بقایای گیاهی در مزرعه به گونه ای که مشکلات مربوط به تراکم خاک را به حداقل برساند و همچنین بررسی اثر شیوه های خاکورزی حفاظتی و خاکورزی متداول بر خصوصیات فیزیکی خاک از اهدف اصلی این تحقیق می باشد.

مواد و روش

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد و در سال زراعی(۹۵-۹۴) به اجرا در آمد. طرح آماری مورد استفاده به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام گرفت . با توجه به نقش مهم عملیات خاکورزی و مدیریت بقایای گیاهی در جلوگیری از فشرده شدن خاک یا افزایش آن، در این طرح تاثیر سه شیوه عملیات خاکورزی شامل: ۱- شیوه متداول خاکورزی[5] (شخم+ دیسک+ تسطیح+ کاشت با بذر کار)، ۲- شخم کاهش یافته[6] (دیسک سبک+ کاشت با بذرکار)، ۳- بدون شخم[7] (کاشت مستقیم با بذر کار) در کرت های اصلی، و مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح شامل: ۱- بدون بقایا، ۲- حفظ ۳۰٪ بقایا، ۳- حفظ ۶۰ ٪ بقایای محصول قبلی که در کرت های فرعی قرار گرفتند. ابعاد هر کرت آزمایش ۳۰×۱۵متر (۴۵۰ متر مربع) بود.در روش کشت مستقیم (بی خاکورزی) در زمینی که سال قبل مورد کشت گندم 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 انجام گردید و سپس برای کشت گندم از بذرکار خطی کار استفاده شد. در روش مرسوم، خاکورزی توسط گاوآهن برگرداندار، دیسک و تسطیح انجام شد و سپس گندم توسط خطی کار کشت گردید. جدول (۱) خصوصیات خاک های مزرعه ای مورد آزمایش را نشان می دهد.

اندازه‌گیری پارامترها

اندازه گیری مقادیر محتوی رطوبتی خاک:

به منظور اندازه گیری درصد محتوی رطوبتی، نمونه های خاک در عمق های معین وزن شده و در آونی با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. بعد از ۲۴ ساعت وزن خاک خشک شده اندازه گیری شد و در نهایت با استفاده از رابطه(۱) درصد رطوبت خاک براساس وزن خشک بدست آمد. (Smith *et al.*,1994):

[5] - Conventional tillage
[6] - Reduced tillage
[7] - No-tillage

$$MC = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100 \qquad (۱)$$

که در این رابطه Ww = جرم خاک مرطوب و Wd = جرم خاک خشک بر حسب گرم (gr) می باشند.

شاخص مخروط خاک[8]:

به منظور تعیین مقاومت به نفوذ خاک از شاخص مخروطی خاک استفاده شد. برای اندازه گیری شاخص مخروطی خاک از دستگاه فروسنج الکتریکی [9] مدلEijkelkmap استفاده شد. به هنگام استفاده از نفوذ سنج، از مخروط استاندارد با زاویه راس ۶۰ درجه، قطر اسمی ۱۱/۲۸ میلیمتر و سطح یک سانتی متر مربع استفاده شد و سرعت نفوذ دستی به هنگام نفوذ به صورت عمودی درون خاک ۲ سانتی متر در ثانیه بود. دستگاه اندازه گیری شاخص مخروطی خاک به ازای هر سانتی متر فرو رفتن مخروط در داخل خاک، نیروی مقاومت خاک را اندازه گرفته و شاخص مخروطی خاک را برحسب (Mpa) محاسبه و ثبت می نماید (Smith *et al.*,1994).

میانگین وزنی قطر کلوخه ها(MWD)

اندازه‌گیری توزیع اندازه ای پایداری خاکدانه‌ها با استفاده از الک های مخصوص انجام می گردد. الک‌های مورد استفاده در این آزمایش از کوچک به بزرگ به ترتیب شامل اندازه‌های ۵ ، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی متر هستند. قطر متوسط وزنی خاکدانه‌ها (MWD) که نشان دهنده مقدار پایداری خاکدانه است نیز از رابطه زیر محاسبه می گردد(Smith *et al.*,1994).

$$\mathrm{MWD} = \sum_{i=1}^{n} \overline{X}\ \mathrm{i}.\ \mathrm{Wi} \qquad (۲)$$

در این رابطه $\overline{X}\ \mathrm{i}$ میانگین قطر خاکدانه های باقیمانده بر روی الک و W_i نسبت وزن خاکدانه های باقیمانده بر روی هر الک به وزن کل نمونه و n تعداد الکها می باشد.

جدول۱. مشخصات خاک مورد استفاده قرار گرفته در طرح در عمق ۳۰-۰ سانتی متر

8 - Cone index

9 -penetrometer

تیمار	درصد شن	درصد رس	درصد سیلت	درصد ماده آلی	جرم مخصوص ظاهری(gr/cm^3)
بدون خاکورزی					
بدون بقایا	۳۲	۱۹	۳۵	۰/۵۶	۱/۵۹
۳۰٪ بقایا	۲۵	۲۵	۳۷	۰/۴۷	۱/۵۴
۶۰٪ بقایا	۲۹	۲۳	۳۶	۰/۴۶	۱/۵۵
کم خاکورزی					
بدون بقایا	۲۹	۲۴	۳۶	۰/۴۶	۱/۵۷
۳۰٪ بقایا	۲۳	۲۶	۳۸	۰/۴۹	۱/۵۴
۶۰٪ بقایا	۳۶	۲۳	۳۲	۰/۴۵	۱/۵۳
خاکورزی مرسوم					
بدون بقایا	۳۸	۲۱	۳۰	۰/۴	۱/۵۵
۳۰٪ بقایا	۴۱	۲۰	۳۰	۰/۴۲	۱/۵۱
۶۰٪ بقایا	۳۱	۲۳	۳۵	۰/۳۹	۱/۵۱

نتایج

میانگین وزنی قطر کلوخه ها(MWD)

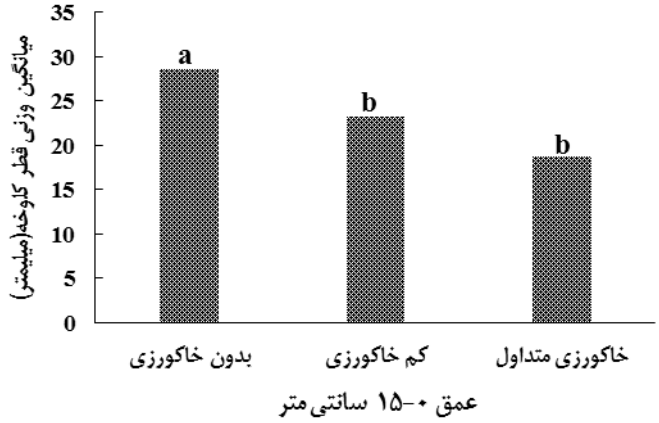
نتایج تجزیه واریانس میانگین وزنی قطر کلوخه ها در جدول (۲) نشان می دهد اثر خاکورزی در عمق ۱۵- ۰ سانتی متر در سطح یک درصد معنی دار شده است. اما بین سطوح مختلف بقایای گیاهی و اثر متقابل تیمارها هیچگونه اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. نتایج مقایسه میانگین ها در تیمار خاکورزی نشان می دهد شکل(۱). روش بدون خاکورزی و حداقل خاکورزی، میانگین وزنی قطر کلوخه ها را در عمق ۱۵-۰ سانتی متر از ۱۸/۸۳ میلیمتر در تیمار خاکورزی مرسوم به ترتیب ۲۸/۶۶ و ۲۳/۲۲ میلیمتر افزایش داده اند. علت این تفاوت در تیمار خاکورزی این است که گاوآهن برگرداندار با برگردان کردن خاک باعث خرد شدن کلوخه ها و کاهش میانگین وزنی قطر کلوخه ها می شود. این نتایج با یافته های (Ozpinar *et al*., 2006) که بیان کردند روش های خاکورزی تاثیر معنی داری بر میانگین وزنی قطر کلوخه ها دارند هم خوانی دارد. همچنین محققین بیان کردند انجام روش های خاکورزی حفاظتی و حداقل، میانگین وزنی قطر کلوخه ها را به طور معنی داری افزایش داده است (Bhattacharyya *et al*.,2009 ;Bear *et al*.,1994) . نتایج مربوط به اثر بقایا بر میانگین وزنی قطر کلوخه ها در عمق ۱۵-۰ سانتی متر نشان می دهد شکل(۲). بالاترین میزان میانگین وزنی قطر کلوخه ها مربوط یه تیمار ۶۰٪ حفظ بقایا (۲۴/۱۶) میلیمتر و کمترین مقدار مربوط به

تیمار ۳۰ ٪ حفظ بقایا (۲۲/۸۸) میلیمتر می باشد. طبق آزمایشات بدست آمده استفاده طولانی مدت از بقایای گیاهی موجب افزایش ماده آلی خاک و افزایش میانگین وزنی قطر کوخه ها می شود (Karami *et al*.,2012;Fliebbach *et al*.,2007).

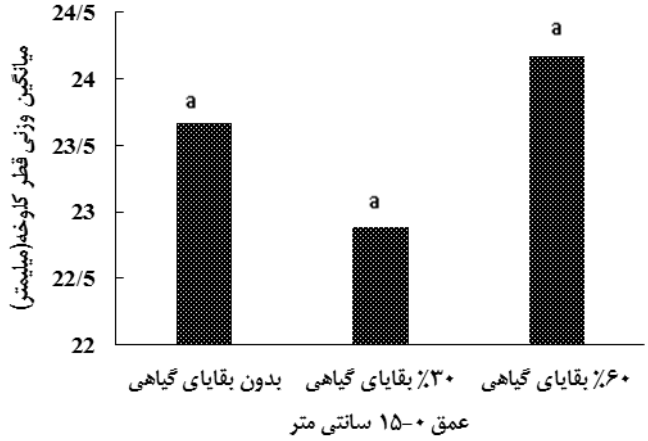
جدول ۲.تجزیه واریانس میانگین وزنی قطر کلوخه ها در عمق ۱۵-۰ سانتی متر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات MS ۰-۱۵cm
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
درصد ضریب تغییرات CV	_	۲۱/۹۱
ضریب تبیین(درصد)	_	۵۱/۴۹

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



شکل(۱)- تاثیر روش های خاکورزی بر میانگین وزنی قطر کلوخه ها



شکل(۲)- تاثیر سطوح مختلف بقایای گیاهی بر میانگین وزنی قطر کلوخه ها

شاخص مخروطی خاک

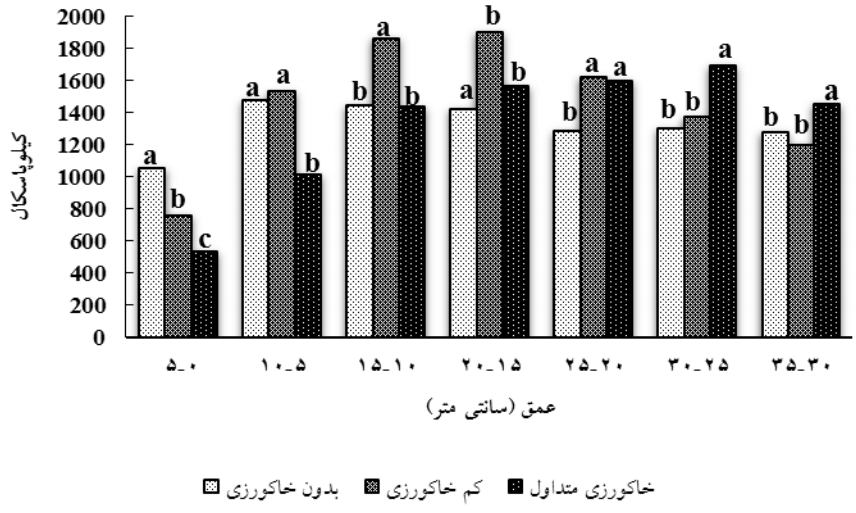
مقدار شاخص مخروطی در هفت عمق ۵- ۰، ۱۰- ۵، ۱۵- ۱۰، ۲۰- ۱۵، ۲۵- ۲۰، ۳۰- ۲۵، ۳۵- ۳۰ سانتی متر اندازه گیری و تجزیه و تحلیل شد. نتایج تجزیه واریانس شاخص مخروطی نشان می دهد که این شاخص در اعماق مختلف تحت تاثیر شیوه های خاکورزی و تیمار حفظ بقایا و همچنین اثر متقابل تیمارها دارای اختلاف معنی دار می باشد و با نتایج (Botta *et al*.,2009; Adiguzel *et al*.,2014) هم خوانی دارد جدول (۳). نتایج مقایسه میانگین ها در تیمار خاکورزی نشان می دهد شکل (۴). اختلاف مقدار شاخص مخروطی در عمق ۲۰ – ۰ سانتی متری را می توان به دلیل اثر نوع ادوات خاکورزی دانست. زیرا عملیات خاکورزی به هرگونه ای با ایجاد تغییرات در ساختمان خاک و سست نمودن آن موجب کاهش شاخص مخروطی می شود (Lapen, *et al*.,2004) . در شیوه بدون خاکورزی به دلیل عدم انجام عملیات خاکورزی ذرات خاک در لایه های سطحی ۱۰- ۰ سانتی متر میزان شاخص مخروطی به طور معنی داری افزایش پیدا کرده است که حداکثر شاخص مخروطی در عمق ۱۰- ۵ سانتی متر (۱۴۷۹ کیلوپاسکال) بدست آمده است. اما در عمق ۳۵- ۱۰ سانتی متری به دلیل وجود ریشه و بقایای گیاهی و افزایش تخلخل مقدار شاخص مخروطی دارای روند نزولی می باشد و حداقل میزان آن در عمق ۳۵- ۳۰ سانتی متر (۱۲۸۱ کیلوپاسکال) رخ داده است. طبق نتایج محققین، شیوه بدون خاکورزی به علت کاهش میزان خلل و فرج و همچنین افزایش وزن مخصوص ظاهری دارای شاخص مخروطی بیشتری نسبت به سایر روش های خاکورزی می باشند(Reichert *et al*.,2011 ; Liu *et al*.,2005) و 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 میزان حداقل آن در عمق ۵- ۰ سانتی متر(۷۶۳ کیلوپاسکال) ثبت شد اما در عمق های ۳۵-۱۰ سانتی متری به علت کاهش تاثیر ابزار خاکورز و تغییر کمتر خاک مقدار شاخص مخروطی رو به افزایش می باشد و حداکثر آن در عمق ۲۰-۱۵ سانتی متر به میزان (۱۹۰۴ کیلوپاسکال) بدست آمد که با نتایج (Chen *et al*.,2012; Fernández-Ugalde *et al*.,2009) هم خوانی دارد. در تیمار خاکورزی مرسوم به دلیل استفاده از گاوآهن برگرداندار 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 می باشد که حداقل آن در عمق ۵- ۰ سانتی متری به میزان(۵۳۵ کیلوپاسکال) رخ داده است اما در عمق ۳۵- ۲۰ سانتی متری به دلیل نیروی عمودی گاوآهن بر کف شیار شخم مقدار شاخص مخروطی نسبت به سایر شیوه های خاکورزی بیشتر بوده و مقدار حداکثر آن در عمق ۳۰- ۲۵ سانتی متر (۱۶۹۵کیلوپاسکال) می باشد. طبق نتایج محققین عملیات خاکورزی موجب کاهش شاخص مخروطی و مقاومت خاک در خاکورزی متداول می گردد (Ţopa *et al*.,2011;Vaz *et al*.,2011). نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف حفظ بقایا نشان می دهد شکل(۵). تیمار فاقد بقایای گیاهی در عمق ۱۰- ۰ سانتی متری دارای شاخص مخروطی بالاتری نسبت به سایر سطوح بقایا می باشد و دلیل آن نیز کم بودن رطوبت به علت عدم وجود بقایا می باشد 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 می باشد. طبق نتایج پوشش بقایای گیاهی در بلند مدت منجر به افزایش کربن آلی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب، کاهش تراکم خاک می شود (Anahí Domínguez *et al.*, 2015).

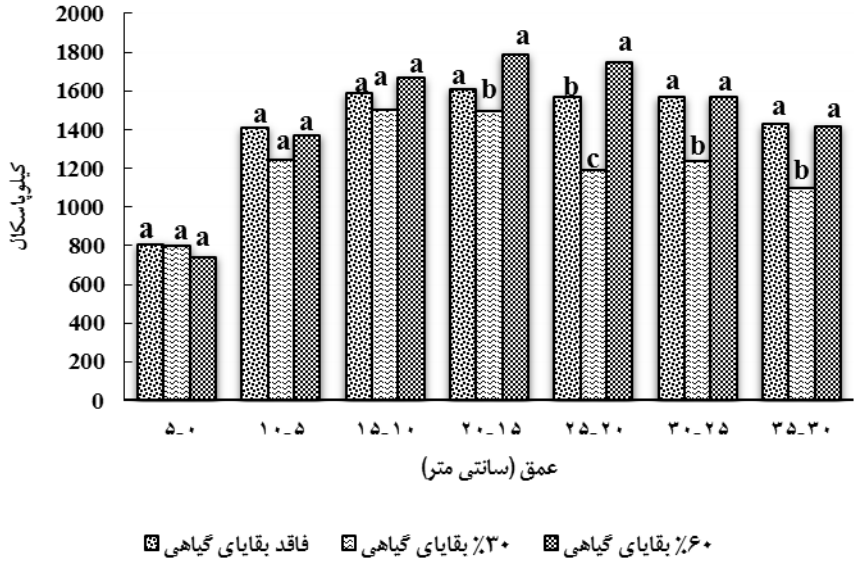
جدول ۳.تجزیه واریانس میانگین شاخص مخروطی در عمق های مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات MS						
		۰-۵ cm	۵-۱۰cm	۱۰-۱۵ cm	۱۵-۲۰ cm	۲۰-۲۵ cm	۲۵-۳۰ cm	۳۰-۳۵ cm
تکرار	۲	۱۵۰۵ ns	۱۳۸۲۳۷**	۱۵۴۶۰۱*	۶۵۰۴۸ ns	۳۴۲۹۶ ns	۹۴۸۸۵*	۹۷۶۲۶**
خاکورزی	۲	۶۱۱۲۷۰**	۷۲۶۴۸۱**	۵۳۹۱۳۸**	۵۴۰۶۳۷**	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 CV (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 غیرمعنی‌دار



شکل(۵)- تاثیر سطوح مختلف خاکورزی بر شاخص مخروطی



شکل(٦)- تاثیر سطوح مختلف بقایای گیاهی بر شاخص مخروطی

رطوبت خاک

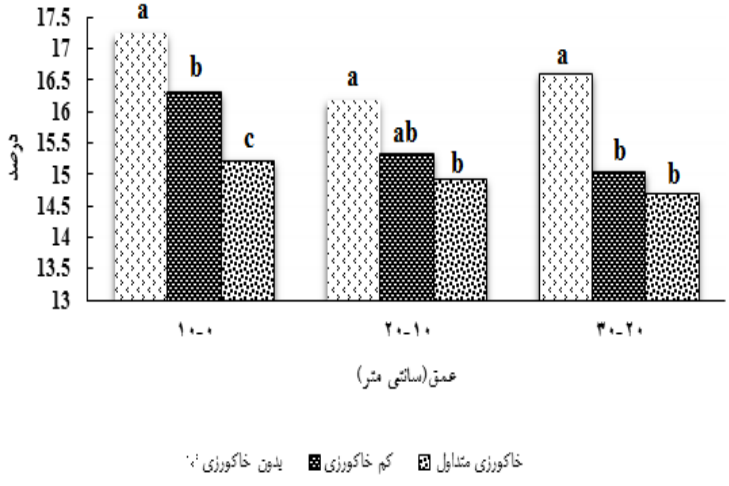
نتایج تجزیه واریانس رطوبت وزنی نشان می دهد جدول (۴). اثر روش های خاکورزی بر رطوبت وزنی خاک در سطح یک درصد و بقایای گیاهی و اثر متقابل آنها در سطح پنج درصد معنی دار می باشد که با نتایج (Anahí Domínguez *et al*., 2015) هم خوانی دارد. نتایج مربوط به اثر روش های مختلف خاکورزی بر رطوبت وزنی خاک نشان می دهد شکل (۷). وجود بقایای گیاهی در سطح خاک و عمق ۱۰-۰ سانتی متری 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 درصد) و (۱۵/۲۱ درصد) در جایگاه بعدی قرار دارند. در عمق ۲۰-۱۰ سانتی متری نیز تیمار بدون خاکورزی با (۱۶/۱۶ درصد) دارای بیشترین مقدار رطوبت و تیمار کم خاکورزی و خاکورزی متداول با (۱۵/۳۲ درصد) و (۱۴/۹۱ درصد) در جایگاه بعدی قرار گرفته اند. در عمق ۳۰- ۲۰ سانتی متر به علت اینکه شاخص مخروطی خاک در خاکورزی مرسوم و کم خاکورزی بیشتر از بدون خاکورزی می باشد لذا لایه فشرده موجب کاهش حرکت آب در خاک به سمت پایین می شود و موجب کاهش رطوبت در روش خاکورزی مرسوم (۱۴/۶۷ درصد) و کم خاکورزی (۱۵/۰۴ درصد) نسبت به بدون خاکورزی (۱۶/۶۱ درصد) گردیده است. براساس گزارشات قبلی میزان ذخیره رطوبت در تیمار بدون خاکورزی بیشتر از خاکورزی مرسوم می باشد و آن هم به خاطر داشتن منافذ ماکرو و کاهش سطح جریان آب در سطح خاک به دلیل وجود بقایای گیاهی و مالچ می باشد(Lampurlanés, *et al*.,2003 ;Goddard *et al*.,2008). نتایج مربوط به اثر بقایای گیاهی بر رطوبت وزنی خاک نشان می دهد شکل(۵). در عمق ۱۰-۰ سانتی متر سطح ۳۰٪ حفظ بقایا دارای بیشترین

رطوبت وزنی(۱۶/۵۲ درصد) و سطح فاقد بقایا دارای کمترین رطوبت وزنی(۱۵/۷۵ درصد) می باشد، در عمق ۲۰-۱۰ سانتی متر 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 می باشد. در عمق ۳۰-۲۰ سانتی متر نیز سطح ۳۰٪ حفظ بقایا دارای بیشترین(۱۵/۸۷ درصد) و ۶۰٪ حفظ بقایا دارای کمترین(۱۴/۸۷ درصد) رطوبت وزنی بودند.طبق نتایج افزایش بقایا در سیستم های خاکورزی حفاظتی باعث افزایش رطوبت وزنی خاک در مزرعه می شود (Horace *et al*.,1999).

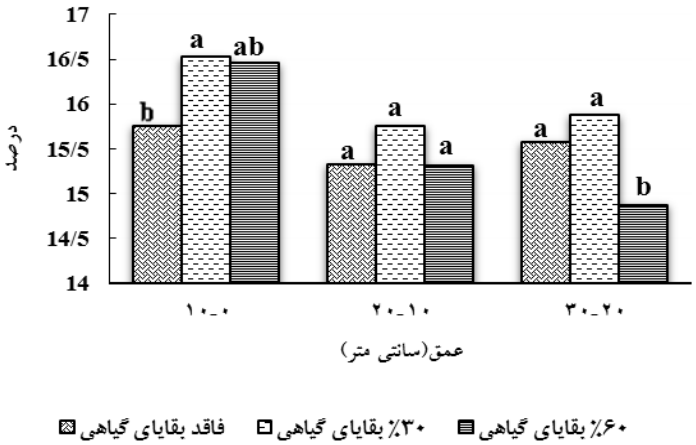
جدول٤.تجزیه واریانس میانگین رطوبت در عمق های مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	MSمیانگین مربعات		
		۰-۱۰cm	۱۰-۲۰ cm	۲۰-۳۰cm
بلوک	۲	۱/۸۳۰۳^{ns}	۲/۰۸۴۴^{ns}	۰/۷۴۸۸^{ns}
خاکورزی	۲	۹/۱۱۴۴**	۳/۶۷۸۰*	۹/۵۰۵۶**
بقایای گیاهی	۲	۱/۶۱۶۷^{ns}	۰/۵۵۵۱^{ns}	۲/۳۶۹۳*
خاکورزی× پوشش	۳	۱/۳۹۵۸^{ns}	۱/۸۶۴۷^{ns}	۱/۶۵۲۶*
اشتباه	۱۶	۰/۵۱۰۶	۰/۸۲	۰/۴۴۵۳
درصد ضریب CVتغییرات	–	۴/۳۹	۵/۸۵	۴/۳۲
درصد ضریب رگرسیون	–	۷۸/۹۸	۶۰/۵۰	۸۱/۷۲

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



شکل(۷)- تاثیر روش های خاکورزی بر رطوبت وزنی خاک



شکل(۸)- تاثیر سطوح مختلف بقایای گیاهی بر رطوبت وزنی خاک

نتیجه گیری

از نتایج این تحقیق چنین استنباط می شود 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 کلوخه ها شده اند. در مقابل روش بدون خاکورزی با افزایش وزن مخصوص ظاهری در عمق ۱۰-۰ سانتی متری شاخص مخروطی بالاتری را نسبت به سایر روش های خاکورزی نشان داد. بالا بودن میزان رطوبت در تیمار بدون خاکورزی نسبت به سایر روش های خاکورزی نیز به خاطر وجود بقایای محصول و حفظ ساختار خاک و کاهش تبخیر سطحی و دمای خاک بوده و تا حد زیادی به افزایش رطوبت خاک کمک کرده است. با این حال به نظر می رسد وجود سطوح مختلف بقایای محصول تاثیر کمی در کاهش فشردگی خاک داشته باشد لذا شاید ساده ترین راه برای کاهش فشردگی خاک کاهش تعداد تردد وسایل و ادوات کشاورزی باشد. در مجموع نتایج این پژوهش نشان می دهد سیستم های خاکورزی متداول در سیستم های کشت زراعی با توجه نوع بافت خاک منجر به توسعه سخت لایه شخم در عمق ۳۰-۲۰ سانتی متر می شود در حالیکه در سیستم های بدون خاکورزی به علت 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 می گردد.

منابع

زارعی دولت آبادی،ح.،ر.،آسودار،م .ا ۱۳۹۰ . اثرخاکورزی حفاظتی والگوی کاشت دراستقراروعملکرد گندم .اولین همایش ملی کشاورزی ارگانیک انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی .کدمقاله :۴۰۷

نور محمدی، د .و زارعیان، س .۱۳۸۲ . اثر روش های مختلف تهیه زمین و کاشت روی سبز شدن گندم آبی .مجله علوم ۶۸ - کشاورزی ایران، جلد ۲۷ . شماره ۴.صص، ۵۵

Adiguzel, Z. G. U. S. I. O. A. C. M. C. (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: 195-205.

Alvarez, R. and Steinbach, H. S. (2009).A review of the effects of tillage systems on somesoil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in theArgentine Pampas. Soil Till. Res. 104: 1–15

Arriaga, F. and Balkcom, K. ۲۰۰۵. Benefits of conservation tillage on rainfall and water management. Proceeding of the ۲۰۰۵ Georgia water Resources Conference. ۳ p.

Anahí Domínguez, J. C. B. (2015). " 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." Applied Soil Ecology 98: 166-176.

Badalíkova, B., 2010. Influence of soil tillage on soil compaction. In: Dedousis, A.P., Bartzanas, T. (Eds.), Soil Engineering, Soil Biology 20. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 19–30.

Bear, M.H., P. F. Hendrix and, D.C. Coleman. 1994. Water stable aggregates and organic matter fraction in conventional and no-tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 58: 777-786

Bhattacharyya, R., Prakash, V., Kundu, S., Srivastva, A.K., Gupta, H.S., 2009. Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and crop regimes. Agric. Ecosyst. Environ. 132, 126–134.

Botta, G., Tolo´ n-Becerra, A., Bellora Tourn, F., 2009a. Seedbed compaction produced by traffic on four tillage regimes in the rolling Pampas of Argentina. Soil Till. Res.105, 128–134.

Bai, Y., He, J., Li, H., Wang, Q., Chen, H., Kuhn, N.J., Hikel, H., Chen, F., Gong, Y., 2009. Soil structure and crop performance after 10 years of controlled traffic and traditional tillage cropping in the dryland Loess Plateau in China. Soil Sci. 174, 113–119.

Braunack, M.V., McGarry, D., 2006. Traffic control and tillage strategies for harvesting and planting of sugarcane (Saccharum officinarum) in Australia. Soil Tillage Res. 89, 86–102.

Chen, Y., Tessier, S., Irvin, B. 2004. Drill and crop performances as affected by different drill configuration for no-till seeding. Soil and tillage. Res. 77. 147-155.

Fernández-Ugalde, O., Virto, I., Bescansa, P., Imaz, M.J., Enrique, A., Karlen, D.L., 2009. Notillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. Soil Tillage Res. 106, 29–35

Fliebbach, A., Oberholzer, H.-R., Gunst, L., Mader, P., 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. Agric. Ecosyst. Environ. 118, 273–284

Goddard, T., Zoebisch,M., Gan, Y., Ellis,W.,Watson, A., Sombatpanit, S., 2008. No-till farming systems. World Association os Soil and Water Conservation (WASWC), Special, Publication No 3.

Holland, J.M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems and Environment. 103: 1-25.

Horace, H. D., Navasota, S. D., Moor, J. D. 1999. Measuring yield difference and stand establishment at it relates to percent ground cover. Soil and Tillage Res. 14: 453-460.

Katsvairo, T., Cox, W. J., Vanes, H. 2002. Tillage and rotation effects on soil physical

Karami, A., Homaee, M., Afzalinia, S., Ruhipour, H., Basirat, S., 2012. Organic resource management: impacts on soil aggregate stability and other soil physic-chemical properties. Agric. Ecosyst. Environ. 148, 22–28

Khalilian, A. and R. R. Hallman. 1996. Energy requirements of conservation tillage tools in Coastal Plain soils. 1996 Proceedings, 19th Annual Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture, Jackson, TN, July 23-25, 1996.

Lampurlanés, J., Cantero-Martínez, C., 2003. Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems and their relationship with barley root growth. Agron. J. 95, 526–536

Liu, S., Zhang, H., Dai, Q., Huo, H., Xu, Z.K., Ruan, H., 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 16, 393–396.

Lipiec, B. U. J. (2009). Spatial distribution of soil penetration resistance as affected by soil compaction: The fractal approach. *Ecological Complexity* 3(6): 0-271.

Lapen, D. R., Topp, G. C., Edwards, M. E., and Gregorich, E. 2004. Combination cone penetration resistance/ water content instrumentation to evaluated cone penetration-water content relationships in tillage research. Soil and Tillage Res. 79: 51-62.

McVay, K.A., 2006. Soil Physical Conditions in Conservation Tillage Systems. Kansas State Univ.-Research and Extensions

Ozpinar, S., Cay, A. ۲۰۰٦. Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-lom soil in semi-arid north-western turkey. Soil and Tillage Research. ۸۸:

Qingjie, W., Hao, C., Hongwen, L., Wenying, L., Xiaoyan, W., McHugh, A.D., Jin, H., Huanwen, G., 2009. Controlled traffic farming with no tillage for improved fallow water storage and crop yield on the Chinese Loess Plateau. Soil Tillage Res. 104, 192–197

Reichert, J. T. F. J. M. (2011). "Conservation tillage for cassava (Manihot esculenta rantz) production in the tropics." Soil & Tillage Research 1(113): 1-10.

Smith, D., Sims, B and ONeil, D. 1994. Testing and evaluation of agricultural machinery and equipment principles and practices. FAO publications

Thomas GW, Haszler GR, Blevins RL. The effects of organic matter and tillage on maximum compactability of soils using the proctor test. Soil Sci 1996;161(8):502–8.

Ţopa, D., Ailincăi, C., Jităreanu, G., 2011. Soil compaction influence on winter wheat yield and soil physical properties. Lucrări Ştiinţifice- Seria Agronomie 54, 306–310.

Vaz, C.M.P., Manieri, J.M., de Maria, I.C., Tuller, M., 2011. Modeling and correction of soil