

Effect of Conservation and Conventional Tillage on Some Machine and Soil Parameters in Cold Regions of Khorasan Razavi Province

SAEED ZARIFNESHAT^{1*}, MOHAMMAD HOSSEIN SAEIDIRAD¹, MAHMOUD SAFARI²

1. Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

2. Agricultural Engineering Research Institute, AREEO, Karaj, Iran

(Received: Oct. 27, 2018- Revised: July. 20, 2019- Accepted: Aug. 3, 2019)

ABSTRACT

The effect of no tillage, minimum and conventional tillage were investigated on some characteristics of soil and machine on alternation of sugar beet, barley, maize, wheat in cold regions of Khorasan Razavi province. This study was conducted in split plot design based on randomized complete block design with three replications. The treatments consisted of soil tillage methods in three levels: conventional tillage, minimum tillage and no tillage in the main plots and amount of plant residues in three levels including: no residues, retaining 30 percent and 60 percent of residues in the subplots. The results showed that no tillage and minimum tillage reduced fuel consumption, operating time, mechanical power consumed in land preparation and planting operations and amount of plant residues returned compared to the conventional tillage. The conventional tillage compared to minimum tillage and no tillage reduced the diameter of the soil clods significantly. Soil tillage methods and amount of plant residues did not have a significant effect on soil penetration resistance.

Keywords: Conservation tillage, Minimum Tillage, No tillage

اثر روش های خاک ورزی حفاظتی و مرسوم بر برخی خصوصیات ماشین و خاک در منطقه سرد استان خراسان رضوی

سعید ظریف نشاط^{۱*}، محمد حسین سعیدی راد^۱، محمود صفری^۲

۱. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۲. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۵ - تاریخ بازنگی: ۱۳۹۸/۴/۲۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۵/۱۲)

چکیده

اثر روش های بی خاک ورزی، کم خاک ورزی و خاکورزی مرسوم بر بعضی خصوصیات خاک و ماشین در تناوب چغندر قند- جو- ذرت- گندم در اقلیم سرد استان خراسان رضوی بررسی گردید. این پروژه بصورت طرح کرت های خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل روش های خاک ورزی در سه سطح شامل خاکورزی مرسوم، کم خاکورزی و بی خاکورزی در کرت های اصلی و مقدار بقایای گیاهی در سه سطح شامل: بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و ۶۰ درصد بقایا در کرت های فرعی بود. نتایج این تحقیق نشان داد که روش های بی خاک ورزی و کم خاک ورزی در مقایسه با خاک ورزی مرسوم باعث کاهش مصرف سوخت، کاهش زمان انجام عملیات، کاهش توان مکانیکی مصرفی در عملیات تهیه زمین و کاشت و کاهش میزان برگردانده شدن بقایای گیاهی به خاک شدند. روش خاک ورزی مرسوم نسبت به کم خاک ورزی و بی خاک ورزی باعث کاهش معنی دار قطر کلوخه شد. روش های خاک ورزی و درصد بقایا در این تحقیق تاثیر معنی داری بر مقاومت به نفوذ خاک نداشت.

واژه های کلیدی: خاک ورزی حفاظتی، کم خاک ورزی، کشت مستقیم

مقدمه

میلی متر در سال توسعه یافته است. اگر در هزینه آماده سازی بستر بذر و کاشت گندم فقط به میزان ۵۰۰ هزار ریال در هکتار صرفه جویی شود و سیستم های کشاورزی حفاظتی و کم خاک ورزی در سطح استان خراسان رضوی و به تبع آن در سطح کشور آن هم فقط در سطح ۵۰ هزار هکتار اجرا شود، رقمی معادل ۲۵ میلیارد ریال در حقیقت عاید کشاورزان خواهد شد و این یک توجه اقتصادی بسیار محافظه کارانه و آنهم فقط برای گندم است و پیش بینی گسترش سطح زیر کشت از این هم بیشتر خواهد بود، مضاف بر اینکه مبالغ هنگفتی از نظر مصرف انواع سموم و کودهای شیمیایی صرفه جویی خواهد شد (Ghodsi, 2013).

هدف از کشاورزی حفاظتی کاهش شدت عملیات خاک ورزی و مدیریت بقایای گیاهی و حفظ آن در سطح خاک در قالب یک سیستم تناوبی می باشد. در این روش پس مانده های محصول قبلی تماماً یا قسمتی از آن (حداقل ۳۰ درصد) در سطح یا نزدیک سطح خاک نگهداری می شود. حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک در روش های کشاورزی حفاظتی باعث حفظ رطوبت خاک، جلوگیری از شستشوی ذرات خاک بر اثر

کشاورزی در سطح دنیا و کشور ما با چالش های عظیمی روبروست. مسئله فرسایش خاک و کاهش حاصلخیزی آن بطور چشمگیری عملکرد گیاهان زراعی را کاهش میدهد و اگر به همین منوال ادامه یابد باعث از بین رفتن خاک (به عنوان مهمترین منبع تولید) و بیابان زائی خواهد شد. حدود ۳۵۰ میلیون هکتار از اراضی جهان در اثر اجرای عملیات خاک ورزی شدید و نامناسب دچار فرسایش و تخریب شده است و میزان کل فرسایش خاک در جهان ۲۶ میلیارد تن تخمین زده می شود. سهم ایران از فرسایش جهانی حدود ۲ میلیارد تن می باشد (FAO, 2008). در دهه گذشته کشاورزی حفاظتی به موضوعی بحثبرانگیز در محافل علمی و تصمیم سازی برای نیل به کشاورزی پایدار تبدیل شده است (Andersson & D'Souza, 2013). استفاده از روش های کشاورزی حفاظتی و بدون شخم در حال حاضر در سطح دنیا به بیش از ۱۰۰ میلیون هکتار رسیده است که در شرایط اقلیمی مختلف و انواع خاک ها به اجرا درآمده است، در مناطقی با بارندگی بیش از ۲۵۰۰ میلی متر تا مناطق بسیار کم باران با بارندگی کمتر از ۲۵۰

ساله بررسی شد. نتایج نشان داد در کم خاک ورزی، مصرف سوخت ۱۲/۴ تا ۲۵/۳ لیتر گازوئیل در هکتار، و توان مورد نیاز ۲۳/۶ تا ۴۲/۸ درصد کاهش داشته است. بازده توان کمی افزایش داشته اما معنی دار نبوده است. میزان رطوبت در عمق ۲۰ سانتی متر ۵/۶ تا ۷/۵ درصد و در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر ۵ تا ۱۱ درصد افزایش داشته است. بیشترین مقدار فسفات در عمق صفر تا ۱۰ سانتی متر در روش خاک ورزی با دیسک و هرس دوار و در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر در روش خاک ورزی با پنجه غازی و گاوآهن پارا وجود داشته است (Rusu, 2005).

در مطالعه دیگری تاثیر خاک ورزی مرسوم و بی خاک ورزی را بر کیفیت و عملکرد دانه گندم دوروم و محتوای رطوبت خاک مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در دو سال اول آزمایش عملکرد گندم در روش بی خاک ورزی بیشتر از عملکرد در روش خاک ورزی مرسوم بود. دلیل این امر تبخیر کمتر آب از خاک در روش بی خاک ورزی بود (De Vita, 2007).

در یک پژوهش دیگر، مزایای استفاده از خاک ورزی حفاظتی در کشت گندم پس از برداشت برنج، امکان زودتر کشت گندم پس از برداشت برنج، کنترل علف هرز فالاریس، کاهش هزینه های تولید، صرفه جویی در مصرف آب و افزایش در آمد بهره بردار بیان شد (Erenstein & Laxmi, 2008).

Jat et al. (2009) روش های مختلف خاک ورزی و استقرار گیاه در دو روش تسطیح دقیق و تسطیح سنتی، جهت بهبود کارایی مصرف آب، منافع اقتصادی و کیفیت خاک به مدت دو سال مورد بررسی قرار دادند. صرف نظر از روش های خاک ورزی و استقرار گیاه، تسطیح دقیق میزان سودمندی سیستم تولید گندم-برنج را در مقایسه با روش تسطیح سنتی در سال دوم به میزان ۷/۴ درصد افزایش داد. عملکرد برنج در روش مرسوم در مقایسه با روش حفاظتی بیشتر بود اما در گندم عملکرد کشت مستقیم بیشتر از کشت به روش مرسوم بود. میزان سودمندی سیستم گندم-برنج وقتی هردو به صورت بی خاک ورزی کشت شدند برابر با سودمندی آن در سیستم مرسوم بود.

Botta et al. (2009) شدت ترافیک و تراکم خاک را در چهار روش مختلف خاک ورزی شامل کشت مستقیم و سه روش مرسوم مقایسه نمودند. فاکتورهای شاخص مخروط خاک در عمق صفر تا ۴۵ سانتی متر، 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 هفت درصد کاهش می یابد در صورتی که کاهش خلل و فرج در روش های مرسوم تا حدود ۱۵ درصد نیز می رسد.

هدف از اجرای این پروژه بررسی تاثیر روش های کشاورزی

ضربات باران در اراضی شیب دار و کاهش فرسایش آبی میگردد، همچنین کاهش شدت برهم زدن خاک در روش کشاورزی حفاظتی از خرد شدن و جابجایی زیاد ذرات خاک و پودر شدن آن جلوگیری کرده و باعث کاهش فرسایش بادی می گردد. بر این اساس انتظار می رود که روش کشاورزی حفاظتی به سبب کاهش عملیات خاک ورزی از یک سو و حفظ بقایای گیاهی از سوی دیگر سبب افزایش بهره وری آب و کاهش نیاز آبی محصول شود (Kasper et al., 1990 & Guerif et al., 2001).

کم خاک ورزی و بی خاک ورزی دو روش مورد استفاده در خاک ورزی حفاظتی است. در روش کم خاک ورزی عملیات بر حسب نوع گیاه و میزان بقایای محصول قبلی تا عمق (۸ الی ۱۵ سانتی متر) برای قرار دادن کود و بذر و مخلوط کردن بقایا با لایه سطحی انجام می گیرد. در روش بی خاک ورزی هیچ نوع عملیات خاک ورزی صورت نمی پذیرد و تنها ماشین کاشت کود و بذر را با حداقل به هم خوردگی در خاک قرار میدهد. در روش بی خاک ورزی بقایای گیاهی در سطح خاک (روی خاک) رها می گردند. حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک با عملیات بی خاک ورزی یا کم خاک ورزی باعث کاهش تبخیر از سطح خاک می شود که از طریق کاهش درجه حرارت، جلوگیری از انتشار بخار آب و کاهش سرعت باد در سطح تماس خاک با هوا صورت می گیرد. وجود بقایا در سطح خاک می تواند حدود ۳۴ تا ۵۰ درصد تبخیر از سطح خاک را کاهش دهد. با حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک میتوان در مناطق خشک بخصوص در فصل تابستان دور آبیاری را افزایش داد (Ghods, 2013).

تداوم استفاده از عملیات زراعی متداول و آنهم متکی بر شخم فشرده، به ویژه وقتی که با حذف کامل یا سوختن بقایای گیاهان زراعی توأم باشد، موجب فرسایش شدید خاک و انحطاط آن به عنوان تنها منبع تولید مواد غذایی شده است. بسیاری از فاکتورهای خاک برای موثر و پایدار بودن جهت تولید محصولات زراعی فرسوده شده اند که این فاکتورها شامل عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می باشد (Montgomery, 2007). تخمین زده شده که فعالیت های بشر موجب شده است هر ساله ۲۶ میلیارد تن خاک سطحی فرسوده شود که ۲/۶ برابر سرعت طبیعی آنست (Verhulst et al., 2010). در تحقیقی دو روش خاک ورزی مرسوم (گاوآهن برگرداندار و دوبار دیسک، گاوآهن برگرداندار و هرس دوار) و چهار روش کم خاک ورزی (دیسک و هرس دوار، دوبار هرس دوار، گاوآهن پارا و هرس دوار، پنجه غازی و هرس دوار) را از نظر خواص خاک، کنترل علف هرز، عملکرد و بازده انرژی روری محصولات ذرت، سویا و گندم در یک دوره سه

دقیقه شمالی در ۱۳۵ کیلومتری جنوب شرقی مشهد قرار دارد. این ایستگاه دارای زمستان های سرد و طولانی (با میانگین ۱۲۳ روز یخبندان در طی سال)، بهار خشک و تابستان های معتدل می باشد. ارتفاع از سطح دریا در این ایستگاه ۱۷۲۱ متر و میانگین بارندگی سالانه ۲۲۵ میلی متر می باشد. حداکثر درجه حرارت مطلق ۳۶/۵ درجه سانتی گراد و حداقل درجه حرارت مطلق ۲۳- درجه سانتی گراد و میانگین درجه حرارت سالانه آن ۱۰/۷ درجه سانتی گراد است.

حفاظتی (نسبت به کشاورزی رایج) بر برخی پارامترهای ماشین و خاک محصولات در تناوب پیشنهادی چغندر قند- جو- ذرت- گندم بود.

مواد و روش ها

این آزمایش از سال زراعی ۹۲-۹۳ بمدت سه سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه رخ استان خراسان رضوی اجرا گردید. ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه رخ تربت حیدریه با طول جغرافیایی ۵۹ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۰

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

ازتکل (درصد)	پتاسیم قابل جذب ppm	فسفر قابل جذب ppm	درصد کربن آلی O.C	اسیدیته گل اشباع pH	هدایت الکتریکی (ds/m)	بافت خاک	درصد ذرات خاک			عمق لایه (سانتی متر)
							رس	سیلت	شن	
۰/۰۶۵	۲۱۹	۸/۸	۰/۳۷	۷/۷	۲/۲۱	لوم رسی	۲۸	۳۵	۳۷	۳۰-۰
۰/۰۵۹	۱۷۹	۶/۴	۰/۳۲	۷/۸	۲/۳۰	لوم	۲۵	۴۰	۳۵	۶۰-۳۰

(کم خاک ورزی)

۲- کشت مستقیم محصول با استفاده از کارنده کاشت مستقیم (بی خاک ورزی)

۳- خاک ورزی مرسوم (شخم با گاواهن برگردان داربه عمق ۲۵ الی ۳۰ سانتی متر، دیسک، لولر و کشت با کارنده کاشت مستقیم) به عنوان شاهد

در سیستم کاشت بدون خاک ورزی، هیچ گونه عملیات خاک ورزی صورت نگرفت. برای انجام عملیات کاشت در تمام تیمارها از کارنده کشت مستقیم استفاده شد. مشخصات ماشین های مورد استفاده در جدول ۲ آمده است.

آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل روش های خاک ورزی (در سه سطح بدون خاک ورزی، کم خاک ورزی و خاک ورزی مرسوم) در کرت های اصلی و درصد بقایا (در سه سطح بدون بقایا، ۳۰ درصد بقایا و ۶۰ درصد بقایا) در کرت های فرعی بودند، که در تناوب چغندر قند- جو- ذرت- گندم مورد مطالعه قرار گرفت. جزئیات تیمارهای خاک ورزی عبارتند از:

۱- خاک ورزی با گاواهن قلمی غلتک دار (چیزل پکر) به عمق ۳۵ الی ۴۰ سانتی متر و کشت با کارنده کاشت مستقیم

جدول ۲- مشخصات ماشین های مورد استفاده در آزمایش

مشخصات	نوع ماشین
تندر ساخت شرکت برزگ همدان مدل SPD 2500، ۱۳ ردیفه، عرض کاری ۲/۵ متر، ۵ شاخه ساخت شرکت پایدار ساز خراسان، فاصله ردیف ۳۰ سانتی متر	خطی کار کاشت مستقیم گاواهن قلمی غلتک دار (چیزل پکر)
آفست مدل SAR ۲۰ پره ۲۴ اینچی ساخت شرکت شخمیران	دیسک

(به عنوان شبیه سازی چرای مزرعه توسط دام) با کمک کارگر اعمال گردید. وزن بقایای باقیمانده روی خاک در محصول شبدر حدود ۴۰۰ و ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار، در جو ۸۰۰ و ۱۶۰۰ کیلوگرم و در گندم ۷۵۰ و ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بترتیب در حالت ۳۰ و ۶۰ درصد حفظ بقایا بود.

ابعاد پروژه در هر تناوب مورد مطالعه ۱۲۰×۱۲۶ متر (کرت اصلی ۱۲۰×۴۲ متر و کرت فرعی ۱۴×۴۰ متر) بود. برای مقایسه روش های مختلف، فاکتورهایی مانند خصوصیات فیزیکی خاک شامل جرم مخصوص ظاهری، نفوذ پذیری خاک (شاخص مخروط خاک) و شاخص ساختمان خاک (میانگین وزنی قطر کلوخه ها

در تیمار بدون بقایای گیاهی، بقایای محصول قبلی (شبدر) حذف و از سطح خاک جمع آوری شد. در سایر تیمارهای مقدار بقایا، بر اساس تیمارهای تعریف شده ۳۰٪ و یا ۶۰٪ بقایای گیاهان زراعی این سیستم تناوبی بر روی سطح خاک حفظ گردید. یعنی با محاسبه میزان عملکرد بیولوژیک محصولات زراعی این سیستم تناوبی مقادیر متناسب بقایا با اعمال تیمارهای مقدار بقایا بر روی سطح خاک به صورت ایستاده و خوابیده (بقایای ریخته شده روی زمین پس از عملیات برداشت) بر روی سطح خاک حفظ شد. تیمار میزان بقایا در تیمارهای حفظ ۳۰٪ و ۶۰٪ با کمک تغییر ارتفاع برش کمباینو در تیمار بدون بقایا، پس از کمباین حذف کلیه بقایا

با استفاده از الک های مخصوص انجام شد. نمونه برداری از خاک بوسیله یک قوطی فلزی دو طرف باز به ابعاد ۲۰ در ۲۰ سانتی متر از عمق خاک ورزی انجام شد. الک های مورد استفاده در این آزمایش از کوچک به بزرگ به ترتیب شامل اندازه های ۵ ، ۱۰ ، ۲۰ ، ۳۰ ، ۴۰ و ۵۰ میلی متر بودند. مقدار میانگین قطر کلوخه های باقی مانده بر روی الک بالایی از طریق اندازه گیری سه بعد طول، عرض و ضخامت کلوخه ها بوسیله کولیس و محاسبه قطر حسابی بدست آمد. قطر متوسط وزنی کلوخه ها (MWD) که نشان دهنده مقدار پایداری کلوخه های خاک است از رابطه زیر محاسبه گردید (Sims & O'Neill, 1994):

$$MWD = \sum_{i=1}^n \bar{X}_i \cdot W_i \quad (\text{رابطه ۳})$$

در این رابطه i میانگین قطر کلوخه های باقی مانده بر روی الک و W_i نسبت وزن خاکدانه های باقی مانده بر روی هر الک به وزن کل نمونه و n تعداد الک ها می باشد.

۴- درصد برگردان شدن بقایای گیاهی: قبل و بعد از انجام عملیات، بقایای گیاهی به خاک در یک سطح یک متر مربعی (قاب یک متر مربعی) جمع آوری و با استفاده از فرمول زیر درصد برگردان شدن بقایای گیاهی محاسبه شد (Sims & O'Neill, 1994):

$$IR = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100 \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن: IR: درصد برگردان شدن بقایای گیاهی به خاک، W_a وزن بقایای گیاهی قبل از انجام عملیات (kg) و W_b وزن بقایای گیاهی (kg) بعد از انجام عملیات می باشد.

۵- مصرف سوخت: میزان سوخت مصرفی برای انجام عملیات در هر تیمار به روش باک پر اندازه گیری شده و با توجه به مساحت کرت ها، مقدار مصرف سوخت در هر هکتار بدست آمد.

۶- زمان انجام عملیات: با توجه به تیمارهای مختلف شامل روش های بی خاک ورزی، کم خاک ورزی و خاک ورزی مرسوم زمان انجام هر یک از عملیات در هر کرت محاسبه و بصورت دقیقه در هکتار تعمیم داده شد.

۷- مقاومت کششی ادوات: به منظور تعیین توان کششی مورد نیاز، مقاومت کششی خاک ورزها و کارنده ها تعیین شد. مقاومت کششی معمولاً با دستگاه دینامومتر اتصال سه نقطه اندازه گیری می شود اما بعلت عدم دسترسی به این دستگاه از نوع مالبندی (تبدیل لود سل فشاری به کششی) به روش ذیل استفاده شد:

، و همچنین فاکتورهای دیگری شامل درصد برگردان شدن بقایای گیاهی، مصرف سوخت، توان کششی مورد نیاز و زمان انجام عملیات اندازه گیری و با هم مقایسه گردید.

روش اندازه گیری پارامترهای آزمایش

۱- جرم مخصوص ظاهری خاک: جهت تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک، قبل از عملیات خاک ورزی و کاشت و همچنین در زمان برداشت محصول با استفاده از استوانه های نمونه گیری از اعماق ۱۰-۲۰ ، ۲۰-۳۰ و ۳۰-۴۰ سانتی متری هر کرت نمونه برداری شد. نمونه های دست نخورده به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد درآون خشک شده و با استفاده از فرمول زیر جرم مخصوص ظاهری بر مبنای خاک خشک محاسبه گردید (Sims & O'Neill, 1994).

$$BD = \frac{W_d}{V} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن: BD: جرم مخصوص ظاهری خاک ($gr.cm^{-3}$), W_d : جرم خاک خشک (gr) و V حجم کل خاک (cm^3) می باشد.

۲- مقاومت به نفوذ (شاخص مخروط) خاک
به منظور بررسی تغییرات مقاومت خاک در بعد از عملیات خاک ورزی (مرحله حداکثر رشد رویشی گیاه) شاخص مقاومت به نفوذ تعیین گردید. روش آزمایش نفوذسنجی استاتیکی و بر اساس نفوذ یک مخروط در زمین و اندازه گیری نیروی لازم جهت این امر استوار است. از رابطه ذیل برای محاسبه مقاومت به نفوذ استفاده گردید (Sims & O'Neill, 1994):

$$CI = \frac{F \times 9.81}{A} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن: CI: مقاومت به نفوذ (مگا پاسکال)، A سطح مقطع شاخص (میلی متر مربع) و F نیروی قرائت شده بوسیله نفوذسنج (کیلو گرم) میباشد.

برای اندازه گیری شاخص مخروطی خاک از دستگاه نفوذسنج الکترونیکی مدل Eijkelkmap ساخت کشور هلند استفاده شد. به هنگام استفاده از نفوذسنج، از مخروط استاندارد با زاویه راس ۶۰ درجه، و قطر اسمی ۱۱/۲۸ میلی متر و سطح یک سانتی متر مربع استفاده شد. سرعت نفوذ دستی به هنگام نفوذ به صورت عمودی درون خاک ۲ سانتی متر بر ثانیه تنظیم گردید. رطوبت خاک در هنگام اندازه گیری حدود ۱۵ درصد وزنی بر پایه وزن خاک خشک (ظرفیت مزرعه ای) بود. عمق اندازه گیری با توجه به میزان نفوذ آب در خاک حدود ۴۵ سانتی متر بود و در هر کرت تعداد ۴ نفوذ صورت گرفت

۳- قطر کلوخه ها (میانگین وزنی): اندازه گیری توزیع اندازه ای پایداری کلوخه های خاک بعد از اعمال تیمارهای خاک ورزی

یکنواختی توزیع مناسب وجود دارد لذا برای داشتن یکنواختی توزیع مناسب آب، از سیستم آبیاری تحت فشار استفاده شد. دور آبیاری نیز با توجه به بافت خاک و ظرفیت نگهداری آن تعیین شد. تاریخ کاشت، میزان بذر مصرفی و مصرف عناصر غذایی برای کلیه تیمارها یکسان و همگن بود و میزان کود مصرفی بر اساس نتایج آزمون خاک مزرعه محاسبه و مصرف شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین های داده های مربوط به پارامترهای مورد اندازه گیری در آزمایش در سال های مختلف اجرای پروژه به ترتیب در جدول های ۳ و ۴ آمده است.

نتایج تجزیه واریانس داده های جرم مخصوص ظاهری خاک در سال های مختلف اجرای پروژه نشان داد که فقط روش های خاک ورزی اثر معنی داری بر جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۲۰-۱۰ سانتی متری خاک داشته است. اثر سال و بقایای گیاهی تاثیر معنی داری بر جرم مخصوص ظاهری نداشت. علیرغم متفاوت بودن مقدار به هم خوردگی خاک در روش های مختلف خاک ورزی، دلیل این که جرم مخصوص ظاهری خاک در انتهای فصل اندازه گیری شده، خاک شخم خورده در روش های کم خاک ورزی و مرسوم زمان لازم برای بازپروری خود را دارند و در نتیجه شرایط فشردگی خاک در این تیمارها به شرایط خاک در بی خاک ورزی نزدیک می شود. به همین دلیل در اکثر سال های اجرای تحقیق، تفاوت معنی داری بین جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای مختلف مشاهده نمی شود.

- مقاومت کششی در دو مرحله با بار و بی باری اندازه گیری شد. در مرحله بی باری دینامومتر بین دو تراکتور قرار گرفت. تراکتور جلو کشنده و تراکتور عقب حامل خاک ورز و یا کارنده در وضعیت خلاص بود. در این مرحله خاک ورز و یا پیش برها و شیار بازکن های بذرکار در زمین نفوذ نکرده و فقط توسط تراکتور دوم حمل می شود. با قرائت میزان نیروی کششی در این مرحله مقاومت غلطشی تراکتور حامل خاک ورز و یا کارنده (R) تعیین شد. در مرحله بعد خاک ورز در شرایط شخم و یا بذرکار در شرایط کاشت قرار گرفته و سپس میزان نیروی کششی قرائت شد. در این مرحله میزان نیروی کششی لازم برای خاک ورز و کارنده مقاومت غلطشی تراکتور دوم تعیین شد.

- از تفاضل نیروی کششی در طی این دو مرحله مقاومت کششی خالص خاک ورز و بذرکارها تعیین شد. این شاخص در هر مزرعه سه بار اندازه گیری شد و میانگین آن بعنوان مقاومت کششی ماشین خاک ورز و یا کارنده در نظر گرفته شد. با ضرب نیروی کششی در سرعت پیشروی ماشین توان مالبندی مورد نیاز محاسبه گردید (Almasi et al, 1999).

- در هنگام کاشت با بذرکارهای کاشت مستقیم برای افزایش کارایی و همچنین برش بهتر بقایای گیاهی بایستی از سرعت های پیشروی بالا استفاده کرد. بدین منظور بنا به توصیه سازندگان این نوع کارنده ها سرعت پیشروی ۷-۸ کیلومتر در ساعت انتخاب گردید. برای دستیابی به سرعت ذکر شده با توجه به کتابچه راهنمای تراکتور، دنده مورد نظر انتخاب و با استفاده از گاز دستی و دور موتور، سرعت های مورد نظر حاصل شد.

- برای آبیاری با توجه به طول شیپارها، احتمال نداشتن

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس پارامترهای اندازه گیری شده

F						
منابع تغییرات	درجه آزادی	جرم مخصوص ظاهری خاک	توان کششی	درصد برگردان شدن بقایا	مصرف سوخت	زمان عملیات
سال	۲	۰/۰۴۷ns	۱۱/۲۲*	۰/۱۶۱ns	۰/۰ns	۱/۹۷۳ns
روش های خاک ورزی (T)	۲	۳/۶۹ *	۹۰۳/۴۱**	۱۱۶۵/۹۲۴**	۴۶۰۰/۲۳۵**	۱۳۴۹۲/۳۴۰**
مقدار بقایای گیاهی (R)	۲	۰/۰۷۹ns	۱/۳۵ns	۰/۱۲۲ns	۰/۵۲۹ns	۰/۹۱۵ns
تکرار × سال	۶	۶/۰۲**	۰/۷۷۲ns	۰/۰۹۷ns	۰/۱۷۶ns	۵/۵۲۷**
روش های خاک ورزی × سال	۴	۰/۰۶۹ns	۱/۹۵ns	۰/۵۶۰ns	۱/۲۳۵ns	۲/۸۸۷ns
مقدار بقایای گیاهی × سال	۴	۰/۰۲۱ns	۱۱/۲۲*	۰/۱۶۱ns	۰/۰ns	۱/۹۷۳ns
روش های خاک ورزی × مقدار بقایای گیاهی × سال	۱۲	۰/۰۲۹ns	۹۰۳/۴۱**	۱۱۶۵/۹۲۴**	۴۶۰۰/۲۳۵**	۱۳۴۹۲/۳۴۰**
خطا	۴۸					
کل	۸۱					
کل تصحیح شده	۸۰					

** وجود اختلاف بسیار معنی دار در سطح ۱ درصد * وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد ns عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول ۴- مقایسه میانگین های نتایج مقایسه میانگین پارامترهای اندازه گیری شده در تیمارهای مختلف

تیمار مورد بررسی	جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)	توان کششی (اسب بخار)	درصد برگردان شدن بقایا (%)	مصرف سوخت (لیتر در هکتار)	زمان عملیات (دقیقه در هکتار)	قطر وزنی کلوخه ها (میلی متر)
الف- روش های خاک ورزی: بی خاک ورزی (کاشت مستقیم)	۱/۵۶ a	۱۰/۵۶ a	۱۲/۷۸ a	۹/۷۸ a	۵۰/۶۷ a	۲۸/۷۸ c
کم خاک ورزی (چیزل غلتک دار)	۱/۵۲ b	۲۵/۶۷ b	۵۰/۵۶ b	۱۷/۵۶ b	۱۲۲/۳۳ b	۲۳/۱۱ b
خاک ورزی متداول (گاواهن برگرداندار)	۱/۵۶ a	۳۱/۸۹ c	۸۹/۲۲ c	۴۴ c	۳۰۴/۷۸ c	۱۷/۲۸ a
ب- مقدار بقایای گیاهی: بدون بقایا	۱/۵۵ a	۲۲/۶۱ a	-	۵۰/۴۴ a	۱۵۸/۶۷ a	۲۴ b
حفظ ۳۰٪ بقایا	۱/۵۴ a	۲۳/۱۷ a	۵۰/۸۸ a	۵۰/۸۸ a	۱۶۰/۷۸ a	۲۲/۳۳ a
حفظ ۶۰٪ بقایا	۱/۵۵ a	۲۲/۳۳ a	۵۱/۲۲ a	۵۱/۲۲ a	۱۵۹/۳۳ a	۲۲/۸۳ a
ج- سال: سال اول	۱/۵۶ a					
سال دوم	۱/۵۵ a					
سال سوم	۱/۵۵ a					

* در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی داری ندارند (دانکن $\alpha = 0.05$)

میکند. حداقل میزان برگردان بقایای گیاهی مربوط به دستگاه بی خاک ورزی است که فقط تیغه های این دستگاه در هنگام عملیات باز کردن شیار و کاشت، مقدار کمی از بقایای گیاهی را به زیر خاک می برد.

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین میزان مصرف سوخت در تیمارهای مختلف نشان داد که بین تیمارهای بی خاک ورزی، کم خاک ورزی و خاک ورزی مرسوم اختلاف زیادی از نظر مصرف سوخت وجود دارد به طوری که تیمارهای بی خاک ورزی (کشت مستقیم) و کم خاک ورزی نسبت به تیمار خاک ورزی مرسوم به ترتیب به میزان ۷۸ و ۶۲ درصد باعث صرفه جویی در مصرف سوخت می شوند. بنابراین با توجه به محدودیت سوخت های فسیلی و همچنین عوارض مضر زیست محیطی مصرف این گونه سوخت ها، خاک ورزی حفاظتی می تواند جایگزین مناسبی برای خاک ورزی مرسوم باشد.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول های تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها، زمان صرف شده برای عملیات تهیه زمین کاشت در روش های مختلف خاک ورزی، اختلاف معنی داری بین روش های خاک ورزی حفاظتی و خاک ورزی مرسوم از نظر زمان صرف شده برای انجام عملیات وجود دارد به طوری که روش بی خاک ورزی دارای کمترین و خاک ورزی مرسوم دارای بیشترین زمان صرف شده است.

نتایج این مقایسه نشان داد که تیمار بی خاک ورزی زمان انجام عملیات تهیه زمین و کاشت را در مقایسه با روش خاک ورزی مرسوم و کم خاک ورزی به ترتیب به میزان ۸۳ و ۶۰ درصد کاهش داده است. کاهش زمان مورد نیاز برای عملیات تهیه زمین و کاشت و افزایش ظرفیت مؤثر مزرعه ای از مزایای مهم خاک

همان طور که در جدول ۴ مشاهده می شود اختلاف توان های کششی مصرفی در ادوات مختلف معنی دار می باشد. گاواهن برگرداندار با مصرف توان حدودا ۳۲ اسب بخار بیشترین مصرف و بعد آن چیزل غلتک دار (چیزل پکر) و بذرکار کشت مستقیم بترتیب با ۲۵/۶۷ و ۱۰/۵۶ اسب بخار در رده های بعدی قرار دارند. میزان بقایای باقیمانده بر روی زمین تاثیر معنی داری بر روی توان مصرفی ادوات نداشت.

همانطور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می شود فقط تیمار روش های خاک ورزی بر میزان برگردان شدن بقایای گیاهی تاثیر معنی دار داشته است و بر این اساس حداکثر میزان برگردان شدن بقایای گیاهی به میزان ۸۹/۲۲ درصد در تیمار خاک ورزی مرسوم به وسیله گاواهن برگرداندار به دست آمد و پس از این تیمار، روش کم خاک ورزی و بی خاک ورزی با ۵۰/۵ و ۱۲/۸ درصد در رده های بعدی قرار گرفتند. نوع تیغه ها و ساختمان ادواتی که در عملیات خاک ورزی استفاده می شوند بر شرایط فیزیکی خاک و از جمله برگردان شدن بقایای گیاهی تاثیر مستقیم دارد. گاواهن برگردان دار خاک را به طور کامل برگردانده و حداکثر بقایای گیاهی را به زیر خاک می برد. در روش کم خاک ورزی تیغه های چیزل پکر در ابتدای دستگاه خاک را سست و گسیختگی در خاک ایجاد کرده و سپس غلتک انتهایی دستگاه باعث تسطیح و خرد کردن کلوخه های خاک می گردند. عملکرد این دستگاه را می توان تا حدودی با استفاده از گاواهن قلمی به همراه دیسک مشابه دانست.

Behaen *et al* (2011) طی آزمایشی کم بودن میزان برگردان شدن بقایای گیاهی در گاواهن قلمی را مربوط به شکل خاص گاواهن قلمی دانستند که نتایج تحقیق حاضر را تایید

خاک ورزی تاثیر معنی داری بر میانگین وزنی قطر کلوخه دارند هم خوانی دارد. سایر محققین نظیر Bhattacharyya (2009) و Bear et al (1994) نیز نتایج مشابهی دست یافته اند. همچنین وجود بقایا در روی خاک باعث حفظ بیشتر رطوبت خاک شده که در نتیجه باعث کمتر شدن قطر کلوخه در حین خاک ورزی می گردد.

مقاومت به نفوذ خاک (شاخص مخروط)

در این آزمایش اندازه گیری های مربوط به شاخص مخروط خاک در چهار زمان مختلف در مدت اجرای آزمایش و چهار محصول در تناوب پیشنهادی و در سه عمق ۱۵-۳۰ سانتی متر، ۳۰-۴۵ سانتی متر و ۴۵-۳۰ سانتی متر انجام شد. اولین اندازه گیری قبل از اعمال تیمارهای این آزمایش و سه اندازه گیری بعدی در هر سال اجرای آزمایش صورت گرفت. نتایج تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین ها در جدول های ۵ و ۶ آمده است. در جدول شماره ۵ مشاهده می شود که اثر سال های اجرای آزمایش در هر سه عمق اندازه گیری شده تاثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان مقاومت به نفوذ خاک داشته است. روش های خاک ورزی در عمق های ۱۵-۳۰ و ۳۰-۴۵ سانتی متری (عمق خاک ورزی) و در سطح احتمال ۵٪ بر میزان مقاومت به نفوذ خاک داشته است و میزان بقایای باقیمانده بر روی خاک نتوانسته بر این پارامتر اثر معنی داری داشته باشد.

ورزی حفاظتی (بی خاک ورزی و کم خاک ورزی) می باشد که باعث کاشت به موقع و محدوددهی تاریخ کاشت توصیه شده می گردد و از افت عملکرد ناشی از کشت تأخیری جلوگیری می کند. کاهش زمان مورد نیاز برای تهیه زمین و کاشت و افزایش ظرفیت مزرعه ای مؤثر در سیستم دو کشتی که فاصله زمانی بین دو کشت اندک است، اهمیت دوچندان پیدا می کند.

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قطر وزنی کلوخه ها بعد از اعمال تیمارها نشان داد که روش های خاک ورزی و میزان بقایای گیاهی باقیمانده بر سطح خاک به ترتیب در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی دار شده اند. همانطور که مشاهده می شود با افزایش شدت خاک ورزی میانگین قطر کلوخه کاهش مییابد بطوری که با اعمال تیمار های کشت مستقیم، کم خاک ورزی و خاک ورزی مرسوم بترتیب قطر کلوخه ۲۸/۷۸، ۲۳/۱۱ و ۱۷/۲۸ میلی متر ایجاد شد. همچنین اثر میزان بقایا بر قطر کلوخه معنی دار شد بطوری که تیمار های با حفظ بقایای ۳۰ و ۶۰ درصد با قطر کلوخه تقریباً ۲۲ میلی متر در یک رده قرار گرفتند که با تیمار بدون بقایا (قطر کلوخه ۲۴ میلی متر) اختلاف معنی داری دارد.

علت تفاوت در مقدار قطر وزنی کلوخه ها این است که گاوهن برگرداندار با برگردان کردن کامل خاک باعث خرد شدن کلوخه ها و کاهش میانگین وزنی قطر کلوخه ها می شود. این نتایج با یافته های اوزپینار و همکاران (۲۰۰۶) که بیان کردند روش های

جدول ۵- تجزیه واریانس داده های مقاومت به نفوذ در خاک در سالهای اجرای پروژه در عمق های مختلف خاک

F			درجه آزادی	منابع تغییر
عمق ۱۵-۳۰	عمق ۳۰-۴۵	عمق ۰-۱۵		
۹/۳۶۶**	۲۰/۵۷۹**	۱۴/۰۲۳**	۳	سال
۴/۰۶۸*	۳/۷۷۷*	۱/۱۴۵ns	۲	روش های خاک ورزی (T)
۱/۹۸۴ns	۲/۶۴۹ns	۱/۳۴۷ns	۲	مقدار بقایای گیاهی (R)
۱/۵۲۶ns	۰/۷۶۸ns	۳/۳۸۹**	۸	تکرار × سال
۲/۵*	۳/۲۰۹**	۱/۰۲۸ns	۶	روش های خاک ورزی × سال
۱/۵۳۰ns	۱/۶۶۴ns	۱/۲۰۳ns	۶	مقدار بقایای گیاهی × سال
۱/۲۷۴ns	۱/۶۴۰ns	۱/۰۸۳ns	۱۶	روش های خاک ورزی × مقدار بقایای گیاهی × سال
			۶۴	خطا
			۱۰۸	کل
			۱۰۷	کل تصحیح شده

** : وجود اختلاف بسیار معنی دار در سطح ۱ درصد * : وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد ns : عدم وجود اختلاف معنی دار

نفوذ در خاک (۰/۹۷۶ و ۰/۹۵۶ مگاپاسکال) نسبت به سالهای اول و دوم (۱/۴۲۳ و ۱/۳۶۸ مگاپاسکال) دارد.

نتایج تجزیه و تحلیل داده ها در عمق ۱۵-۳۰ سانتی متری خاک نشان می دهد که روش های خاک ورزی در سطح احتمال ۵٪ و سال انجام آزمون در سطح احتمال ۱٪ بر مقاومت به نفوذ

نتایج مقایسه میانگین در عمق ۱۵-۳۰ سانتی متری خاک نشان داد که روش های خاک ورزی و مقدار بقایای باقیمانده بر روی خاک تاثیر معنی داری بر مقاومت به نفوذ خاک نداشته است ولی اثر سال بر روی این پارامتر معنی دار گردید بطوری که نتایج سالهای سوم و چهارم حاکی از یک کاهش معنی دار مقاومت به

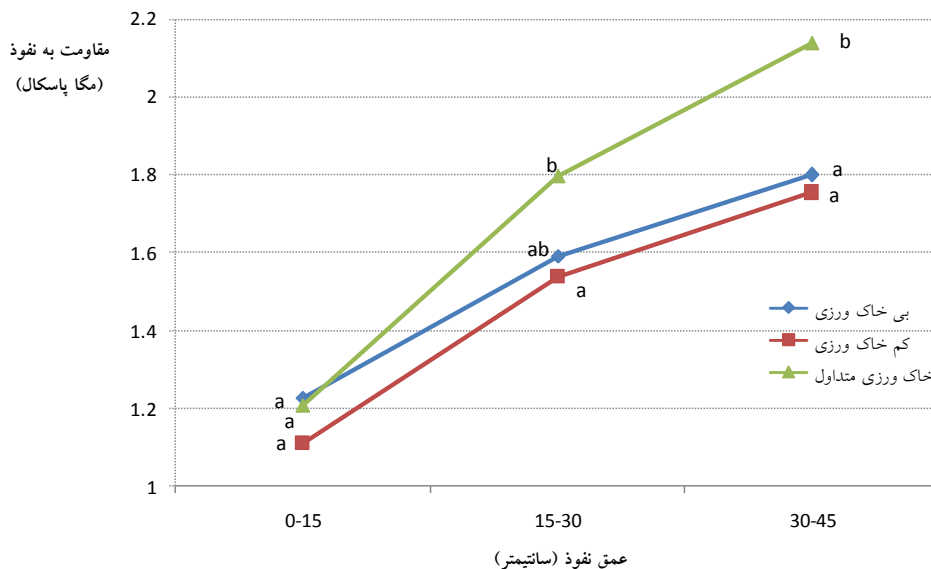
عمق شخم میباید که با نتایج سایر محققان مانند (Salem et al., 2015; Botta et al., 2009 and Gozubuyuk et al., 2014) مبنی بر تاثیر روش های مختلف خاک ورزی بر این پارامتر، هم خوانی دارد (شکل ۱).

خاک تاثیر معنی دار داشته است بطوری که خاک وری متداول نسبت به کم خاک ورزی مقاومت به نفوذ بیشتری دارد. علت این امر احتمالا مربوط به استفاده از گاوآهن برگرداندار در سالهای اجرای آزمایش و افزایش تراکم ناشی از تردد ماشین آلات و ایجاد سخت لایه شخم (plow pan) و به تبع آن تخریب خاکدانه ها در

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین مقاومت به نفوذ خاک در تیمارها و سال های مختلف (دانکن $\alpha=0.05$)

مقاومت به نفوذ (مگا پاسکال)			تیمار مورد بررسی
عمق ۳۰-۴۵ سانتی متر	عمق ۱۵-۳۰ سانتی متر	عمق ۰-۱۵ سانتی متر	
الف- روش های خاک ورزی:			
۱/۸ a	۱/۵۹۱ ab	۱/۲۲۶ a	بی خاک ورزی
۱/۷۵۵ a	۱/۵۴ a	۱/۱۱۱ a	کم خاک ورزی
۲/۱۴۱ b	۱/۷۹۸ b	۱/۲۰۷ a	خاک ورزی متداول
ب- مقدار بقایای گیاهی:			
۱/۷۳۵ a	۱/۴۸۹ a	۱/۱۰۴ a	بدون بقایا
۲/۰۲۲ a	۱/۷۲۸ a	۱/۲۲۴ a	حفظ ۳۰٪ بقایا
۱/۹۳۹ a	۱/۷۱۳ a	۱/۲۱۵ a	حفظ ۶۰٪ بقایا
ج- سال:			
۲/۳۲۴ c	۲/۱۲۵ c	۱/۴۲۳ b	سال اول
۱/۸۹۴ b	۱/۷۸۳ b	۱/۳۶۸ b	سال دوم
۱/۹۵۴ b	۱/۵۵۶ b	۰/۹۷۶ a	سال سوم
۱/۴۲۳ a	۱/۰۹۸ a	۰/۹۵۶ a	سال چهارم

*حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد می باشد.



شکل ۱- تاثیر عمق و روش خاک ورزی بر میزان مقاومت به نفوذ در خاک (شاخص مخروط)

در بین روش های مختلف خاک ورزی روش متداول با مقدار ۲/۱۴۱ مگا پاسکال بیشترین مقاومت به نفوذ را دارد و بطوری معنی داری با روش های کاشت مستقیم و کم خاک ورزی که بترتیب با ۱/۸ و ۱/۷۵ مگا پاسکال در یک گروه قرار گرفته اند، اختلاف معنی دار دارد. علت این امر می تواند مربوط به عمق کار بیشتر چیزل

نتایج تجزیه و تحلیل داده ها در عمق ۳۰-۴۵ سانتی متری خاک نشان می دهد که روش های خاک ورزی در سطح احتمال ۵٪ و سال انجام آزمون در سطح احتمال ۱٪ بر مقاومت به نفوذ خاک تاثیر معنی دار داشته است اما مقدار بقایای باقیمانده بر روی خاک تاثیر معنی داری بر مقاومت به نفوذ خاک نداشته است.

های خاک ورزی حفاظتی نیاز به اجرا در سالهای بیشتری دارد. میانگین وزنی قطر کلوخه ها با افزایش شدت خاک ورزی کاهش یافت. همچنین مقاومت به نفوذ خاک (شاخص مخروط خاک) در عمق شخم و پایین تر (۴۵ سانتی متر) در روش خاک ورزی مرسوم از روش های خاک ورزی حفاظتی بیشتر شد. اثر سال نیز بر روی مقاومت به نفوذ خاک معنی دار شد بطوری که با گذشت زمان مقدار این پارامتر بهبود یافت.

نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن سایر مزایای خاک ورزی حفاظتی، خاک ورزی حفاظتی به راحتی می تواند جایگزین خاک ورزی مرسوم برای محصولات و تناوب های مناسب مناطق سرد استان خراسان رضوی گردد. مدیریت بقایا در سطوح آماری یکپنج درصد اثر معنی دار روی مقدار پارامترهای ماشین و خاک نداشت، کاهش هزینه های اقتصادی و زیست محیطی ناشی از حذف قسمتی از عملیات خاکورزی می تواند دلیلی منطقی بر توصیه کاربرد آن باشد. با توجه به اینکه نحوه کشت محصولات زراعی توسط کشاورزان در حال حاضر معمولاً با استفاده از شخم (گاواهن برگرداندار) و در زمین بدون بقایا انجام میشود، در صورت تغییر روش کشت و مدیریت بقایای گیاهی (و به عنوان مثال کاشت محصول در زمینی با ۳۰ درصد بقایای محصول قبلی و استفاده از روش بدون شخم)، به احتمال زیاد میتوان انتظار داشت که میزان عملکرد افزایش یابد. علاوه بر سود حاصل از افزایش عملکرد، انتظار می رود بکارگیری روش بدون شخم همراه با حفظ حدود ۳۰ درصد بقایای محصول قبلی بتواند فواید دیگری از قبیل افزایش ماده آلی خاک، کاهش فشردگی خاک و اثرات مفید آنها در سال های آینده و کاهش هزینه ماشینآلات و مصرف انرژی را به دنبال داشته باشد.

REFERENCES

- Almasi, M., Kaiani, S. & Loveimi, N. (1999). Principles of agricultural mechanization (4th edition). Hazrate Masoumeh Pub.
- Andersson, J.A. & D'Souza, S. (2013). From adoption claims to understanding farmers and contexts: A literature review of Conservation Agriculture (CA) adoption among smallholder farmers in southern Africa. *Agric. Ecosys. Environ.*, from <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.008>.
- Bear, M.H., Hendrix, P. F. & Coleman, D.C. (1994). Water stable aggregates and organic matter fraction in conventional and no tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, (58), 777-786.
- Behaen, M. A., Afzalnia, S. & Roozbeh, M. (2011). Impact of crop residue management on the crop yield, soil organic matter, and soil properties in irrigated wheat-corn rotation. 11th international congress on mechanization and energy in agriculture, september 21-23, Istanbul, Turkey.
- 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. F., Becerra, A. T. & Melcon, F. B. (2009). Seedbed compaction produced by traffic on four tillage regimes in the rolling Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research*, 105 (1), 128-134.
- De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N. & Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research*, (92), 69-78.
- FAO, (2008). Conservation Agriculture, 2008-07-08. Available at <http://www.fao.org/ag/ca>.

گلتک دار نسبت به گاواهن برگرداندار و به هم خوردگی بیشتر خاک در این عمق و همچنین افزایش تردد ماشینهای کشاورزی در روش مرسوم نسبت به سایر روشها باشد که این نتایج با یافته های Jat *et al.* (2009) مطابقت دارد. اثر سال نیز در این عمق معنی دار شده است و با گذشت زمان میزان مقاومت به نفوذ بطور معنی داری کاهش یافته است بطوری که بیشترین مقدار این پارامتر در سال اول با ۲/۳۲ مگاپاسکال و کمترین مقدار مربوط به سال چهارم با ۱/۴۲ مگاپاسکال می باشد. مقادیر این پارامتر در سالهای دوم و سوم با هم اختلاف معنی دار نداشته و در یک گروه قرار می گیرند.

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که روش های خاک ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک ورزی مرسوم باعث کاهش قابل توجه مصرف انرژی مکانیکی و به تبع آن مصرف سوخت و کاهش قابل ملاحظه زمان انجام عملیات می شود. کاهش مصرف سوخت در کاهش هزینه های تولید و آلودگی هوا مؤثر است کاهش زمان انجام عملیات تهیه زمین و کاشت، موجب کشت به موقع محصول و کاهش افت محصول ناشی از تأخیر در تاریخ کاشت می شود. روش های خاک ورزی حفاظتی همچنین باعث بهبود پارامترهای فیزیکی مکانیکی خاک می شوند که می تواند باعث بهبود ساختمان خاک و کاهش مصرف آب شود. جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای بی خاک ورزی، کم خاک ورزی مرسوم نیز در انتهای فصل رشد تفاوت معنی داری با هم ندارند هر چند در طول فصل رشد، ریشه گیاه در کشت مستقیم با تراکم بیشتری مواجه است. احتمالاً تغییر و بهبود جرم مخصوص ظاهری خاک در روش

- Erenstein, O. & Laxmi, V. (2008). Zero tillage impacts in India's rice-wheat systems: A review, *Soil and Tillage Research*, (100), 1-14.
- Ghodsi, M. (2013). The Effect of conservation and conventional Tillage on Wheat Yield and Water Use Efficiency in Chenaran. Final report, Seed and plan improvement Institute. (In Farsi)
- Gozubuyuk, Z., Sahin, U., Ozturk, I., Celik, A. & Adiguzel, 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, (pp.195-205).
- Guerif, J., Richard G., Durr C., Machet J.M., Recous S. & Roger-Estrade J. (2001). A review of tillage effects on crop residue management, seed bed conditions and seedling establishment. *Soil and Tillage Research*, (61), 13-32.
- Jat, M.L., Gathala, M.K., Ladha, J.K., Saharawat, Y.S., Jat, A.S., Kumar, V., Sharma, S.K. Kuma, V. & Gupta, R. (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.
- Kaspar, T.C., Erbach D.C. & Cruse R.M. (1990). Corn response to seed-row residue removal. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, (54), 1112-1117.
- Montgomery, D. R. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, (104), 13268-13272.
- Rusu, T. (2005). The influence of minimum tillage systems upon the soil properties, yield and energy efficiency in some arable crops. *Journal of Central European Agriculture*, 6(3), 287-294.
- Salem, H.M., Valero, C., Muñoz, M.Á., Rodríguez, M.G. & Silva, L.L. (2015). Short-term effects of four tillage practices on soil physical properties, soil water potential, and maize yield. *Geoderma*, 237, pp.60-70.
- Sims, B.G. and O'Neill, D.H. (1994). Testing and evaluation of agricultural machinery and equipment: Principles and practices (No. 110). Food & Agriculture Organization.
- Verhulst, N., Goverts, B., Verachtert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalana, M., Wall, P., Deckers, J., Sayre, K. D. (2010). Conservation Agriculture, Improving Soil Quality for Sustainable Production Systems In: Lal, R., Stewart, B.A. (Eds), *Advances in Soil Science, Food Security and Soil Quality*. CRC Press, Boca Raton