

بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی روی عملکرد ماشین و خصوصیات

خاک در اقلیم معتدل

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵

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

۲- بخش تحقیقات ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

* مسئول مکاتبه: zarifneshat@yahoo.com

چکیده

در این پژوهش، اثر روش‌های بی خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بر بعضی خصوصیات خاک و ماشین در تناوب گندم-جو-پنبه-گندم در اقلیم معتدل استان خراسان رضوی بررسی گردید. این پروژه به مدت سه سال در قالب آزمون کرت‌های خردشده بر پایه طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار اصلی، سه تیمار فرعی و در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح شامل: خاک‌ورزی مرسوم، کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی در کرت‌های اصلی و مقدار بقایای گیاهی در سه سطح شامل: بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و ۶۰ درصد بقایا در کرت‌های فرعی بود. مشخصه‌های مورد اندازه‌گیری شامل جرم مخصوص ظاهری خاک، فشردگی خاک (شاخص مخروط خاک)، میانگین وزنی قطر کلوخه، هم‌چنین عوامل مرتبط با ماشین شامل درصد برگردان شدن بقایای گیاهی، توان مصرفی مکانیکی، مصرف سوخت و کل زمان انجام عملیات بود. نتایج این پژوهش نشان داد که روش‌های بی خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم باعث کاهش مصرف سوخت، کاهش زمان انجام عملیات، کاهش توان مکانیکی صرف شده در عملیات تهیه زمین و کاهش میزان برگردانده شدن بقایای گیاهی شدند. روش خاک‌ورزی مرسوم نسبت به کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی باعث کاهش معنی‌دار قطر کلوخه شد. تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر مقاومت به نفوذ خاک در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری معنی‌دار شد ولی در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری معنی‌دار نگردید.

واژه‌های کلیدی: پنبه، جو، خاک‌ورزی حفاظتی، خاک‌ورزی مرسوم، گندم

Investigation of Different Tillage Methods on some Machine and Soil Parameters in Temperate Climate Regions

Saeed Zarifneshat^{1*}, Mohammad Hossein Saeidi Rad¹, Mahmood Safari²

Received: 20 Dec 2022

Accepted: 4 Apr 2023

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

2- Department of Research on Agricultural Machinery and Mechanization, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

*Corresponding author: zarifneshat@yahoo.com

Abstract

The effect of no tillage, conservation and conventional tillage were investigated on some characteristics of soil and machine. This study was conducted in a split plot design with three main treatments, three sub-treatments and three replications. The treatments consisted of soil tillage methods in three levels: conventional tillage, minimum tillage and no tillage in the main plots and the amount of plant residues in three levels including: without residues, retaining 30 percent and 60 percent of residues in the subplots. The results showed that no tillage and minimum tillage, significantly, reduce fuel consumption (by a maximum of 76% and 60% reduction compared to the conventional method, respectively). A significant reduction in the maximum operating time by 81% and 59% was seen. The reduction of mechanical power used in land preparation and planting operations was at most 66% and 23%, and the reduction of the amount of plant residues returned to 82% and 39%, respectively. The conventional tillage method compared to minimum tillage and no tillage, significantly, reduced the diameter of the soil clods by 21% and 35%, and increased the seed germination rate of seeds by a maximum of 2% and 5%. The soil tillage methods and amount of residues have a significant effect on the soil penetration resistance.

Key words: Barley, Conservation tillage, Cotton, Conventional tillage, No tillage, Wheat

How to cite:

Zarifneshat, S., Saeidi Rad, M.H., and Safari, M. 2023. Investigation of Different Tillage Methods on some Machine and Soil Parameters in Temperate Regions. *Journal of Agricultural Mechanization* 7 (4): 53-64.

۱- مقدمه

کشاورزی در سطح دنیا و کشور ما با چالش‌های عظیمی روبروست. مسئله فرسایش خاک و کاهش حاصلخیزی آن به‌طور چشمگیری عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد و اگر شرایط به همین منوال ادامه یابد باعث از بین رفتن خاک (به‌عنوان مهم‌ترین منبع تولید) و بیابان‌زایی خواهد شد. حدود ۳۵۰ میلیون هکتار از اراضی جهان در اثر اجرای عملیات خاک‌ورزی شدید و نامناسب دچار فرسایش و تخریب شده است و میزان کل فرسایش خاک در جهان ۲۶ میلیارد تن تخمین زده می‌شود. سهم ایران از فرسایش جهانی حدود ۲ میلیارد تن می‌باشد. در دهه گذشته کشاورزی حفاظتی به موضوعی بحث‌برانگیز در محافل علمی و تصمیم‌سازی برای نیل به کشاورزی پایدار تبدیل شده است (Andersson & D'Souza, 2013).

استفاده از سامانه‌های کشاورزی حفاظتی و بدون شخم، در حال حاضر در سطح دنیا به بیش از ۱۰۰ میلیون هکتار رسیده است و در شرایط اقلیمی مختلف و انواع خاک‌ها به اجرا درآمده است، و در مناطقی با بارندگی بیش از ۲۵۰۰ میلی‌متر تا مناطق بسیار کم باران با بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال توسعه یافته است. اگر در هزینه آماده‌سازی بستر بذر و کاشت گندم فقط به میزان ۵۰۰ هزار ریال در هکتار صرفه‌جویی شود و سامانه‌های کشاورزی حفاظتی و کم‌خاک‌ورزی 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 توجیه اقتصادی بسیار محافظه‌کارانه و آن هم فقط برای گندم است و پیش‌بینی گسترش سطح زیر کشت از این هم بیشتر خواهد بود، علاوه بر این، مبالغ هنگفتی از نظر مصرف انواع سموم و کودهای شیمیایی صرفه‌جویی خواهد شد (Ghodsi, 2013).

هدف از کشاورزی حفاظتی کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی و حفظ آن در سطح خاک در قالب یک سامانه تناوبی می‌باشد. در این سیستم پس‌مانده‌های محصول قبلی تماماً یا قسمتی از آن (حداقل ۳۰ درصد) در سطح یا نزدیک سطح خاک نگهداری می‌شود. حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک در روش‌های کشاورزی حفاظتی باعث حفظ رطوبت خاک، جلوگیری از شستشوی ذرات خاک بر اثر ضربات باران در اراضی شیب‌دار و کاهش فرسایش آبی می‌گردد، همچنین کاهش شدت برهم زدن خاک در سیستم کشاورزی حفاظتی از خرد شدن و جابجایی زیاد ذرات خاک و پودر شدن آن جلوگیری کرده و باعث کاهش فرسایش بادی می‌گردد. بر این اساس انتظار می‌رود که سامانه کشاورزی حفاظتی به سبب کاهش تعدد عملیات خاک‌ورزی از یک‌سو و حفظ بقایای گیاهی از سوی دیگر سبب افزایش بهره‌وری آب و کاهش نیاز آبی محصول شود (Kaspar et al., 1990; Guerif et al., 2001).

کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی دو روش متداول در خاک‌ورزی حفاظتی است. در روش کم‌خاک‌ورزی عملیات برحسب نوع گیاه و

میزان بقایای محصول قبلی تا عمق ۸ الی ۱۵ سانتی‌متر برای قرار دادن کود و بذر و مخلوط کردن بقایا با لایه سطحی انجام می‌گیرد. در روش بی‌خاک‌ورزی هیچ نوع عملیات خاک‌ورزی صورت نمی‌پذیرد و تنها ماشین کارنده، کود و بذر را با حداقل به هم خوردگی در خاک قرار می‌دهد. در روش بی‌خاک‌ورزی بقایای گیاهی در سطح خاک (روی خاک) رها می‌شوند. حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک با عملیات بی‌خاک‌ورزی یا کم‌خاک‌ورزی باعث کاهش تبخیر از سطح خاک می‌شود که از طریق کاهش درجه حرارت، جلوگیری از انتشار بخار آب و کاهش سرعت باد در سطح تماس خاک با هوا صورت می‌گیرد. وجود بقایا در سطح خاک می‌تواند 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 (Ghodsi, 2013). Cooper et al. (2016) روش فرا تحلیل نشان دادند که خاک‌ورزی سطحی بدون برگردان کردن خاک در کشاورزی ارگانیک باعث پایداری عملکرد محصول (سبزی و صیفی، گندم، جو و چاودار) و افزایش ماده آلی خاک می‌شود.

تداوم استفاده از عملیات زراعی متداول و آن هم متکی بر شخم فشرده، به‌ویژه وقتی که با حذف کامل یا سوختن بقایای گیاهان زراعی توأم باشد، موجب فرسایش شدید خاک و انحطاط آن به‌عنوان تنها منبع تولید مواد غذایی شده است. بسیاری از مشخصه‌های خاک برای مؤثر و پایدار بودن جهت تولید محصولات زراعی فرسوده شده‌اند که این مشخصه‌ها شامل عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌باشد (Montgomery, 2007). برآورد شده که فعالیت‌های بشر موجب شده هر ساله ۲۶ میلیارد تن خاک سطح الارض فرسایش یابد که ۲/۶ برابر سرعت طبیعی آن است (Verhulst et al., 2010). در تحقیقی دو روش خاک‌ورزی مرسوم (گاواهن کلاسیک و دو بار دیسک، گاواهن برگردان‌دار و هرس دوار) و چهار روش کم‌خاک‌ورزی (دیسک و هرس دوار، دو بار هرس دوار، گاواهن پارا و هرس دوار، پنجه‌غازی و هرس دوار) از نظر خواص خاک، کنترل علف‌هرز، عملکرد و بازده انرژی، روی محصولات ذرت، سویا و گندم در یک دوره سه ساله بررسی شد. نتایج نشان داد در کم‌خاک‌ورزی، مصرف سوخت گازوئیل ۱۲/۴ تا ۲۵/۳ لیتر در هکتار، و توان مورد نیاز ۲۳/۶ تا ۴۲/۸ درصد کاهش داشته است. بازده توان کمی افزایش داشته اما معنی‌دار نبوده است. میزان رطوبت در عمق ۲۰ سانتی‌متری، ۵/۶ تا ۷/۵ درصد و در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری، ۵ تا ۱۱ درصد افزایش داشته است. بیشترین مقدار فسفات در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری در روش خاک‌ورزی با دیسک و هرس دوار و در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر در روش خاک‌ورزی با پنجه‌غازی و گاواهن پارا وجود داشته است (Rusu, 2005).

در مطالعه دیگری تأثیر خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی بر

می‌باشد. حداکثر درجه حرارت مطلق ۳۶/۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت مطلق ۲۳- درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه حرارت سالیانه آن ۱۰/۷ درجه سانتی‌گراد است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل روش‌های خاک‌ورزی (در سه سطح شامل: بدون خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم) در کرت‌های اصلی و درصد بقایا (در سه سطح شامل بدون بقایا، ۳۰ درصد بقایا و ۶۰ درصد بقایا) در کرت‌های فرعی در تناوب گندم- جو -پنبه- گندم مورد مطالعه قرار گرفت. شرایط نگهداری بقایای محصول پس از برداشت در استان در سه حالت برداشت کامل بقایا (چرای دام)، برداشت به‌وسیله کمباین (ارتفاع برشی که کمباین در هنگام برداشت محصول را قطع می‌کند) و حفظ کامل بقایا (برش از زیر خوشه) بود لذا حفظ ۰، ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا شبیه‌سازی میزان بقایای ذکر شده می‌باشد. در تیمار بدون بقایای گیاهی، بقایای محصول قبلی حذف و از سطح خاک جمع‌آوری شد. در سایر تیمارها مقدار بقایا، بر اساس تیمارهای تعریف شده ۳۰٪ و یا ۶۰٪ بقایای گیاهان زراعی این سامانه تناوبی بر روی سطح خاک حفظ گردید. جزئیات تیمارهای خاک‌ورزی عبارت بودند از:

- ۱- خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی غلتک‌دار (چیزل پکر) و کاشت با بذرکار (کم خاک‌ورزی)
 - ۲- کاشت مستقیم محصول با استفاده از بذرکار کاشت مستقیم (بی خاک‌ورزی)
 - ۳- خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک، لولر و کشت با ردیف‌کار) به‌عنوان شاهد
- با محاسبه میزان عملکرد بیولوژیک محصولات زراعی این سامانه تناوبی (گندم، جو و پنبه)، مقادیر متناسب بقایا با اعمال تیمارهای مدیریت بقایا بر روی سطح خاک به‌صورت ایستاده یا پخش شده روی سطح خاک حفظ شد. در سامانه کاشت بدون خاک‌ورزی (کاشت مستقیم)، از بذرکار کاشت مستقیم ساخت شرکت برزرگر همدان استفاده شد. مشخصات ادوات و ماشین‌های مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

۲-۱- روش اندازه‌گیری مشخصه‌ها

۲-۱-۱- جرم مخصوص ظاهری خاک

جهت تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک، بعد از عملیات خاک‌ورزی و کاشت و قبل از برداشت محصول با استفاده از استوانه‌های نمونه‌گیری از اعماق ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری هر کرت نمونه‌برداری شد. نمونه‌های دست‌نخورده به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند.

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 سیستم بی خاک‌ورزی بیشتر از عملکرد در سیستم خاک‌ورزی مرسوم بود. دلیل این امر تبخیر کمتر آب از خاک در سیستم بی خاک‌ورزی بود (De Vita et al., 2007). در یک پژوهش دیگر، مزایای استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی در کشت گندم پس از برداشت برنج، امکان زودتر کاشت گندم پس از برداشت برنج، کنترل علف هرز فالاریس، کاهش هزینه‌های تولید، صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش درآمد بهره‌بردار بیان شد (Erenstein & Laxmi, 2008).

Jat et al. (2009) روش‌های مختلف خاک‌ورزی و استقرار گیاه

در دو سامانه 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 روش‌های خاک‌ورزی و استقرار گیاه، تسطیح دقیق میزان سودمندی سامانه 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 کاشت مستقیم بیشتر از کاشت به روش مرسوم بود. میزان سودمندی سامانه گندم-برنج وقتی هر دو به‌صورت بی خاک‌ورزی کاشت شدند برابر با سودمندی آن در سامانه مرسوم بود. Botta et al. (2009) شدت ترافیک و تراکم خاک را در چهار روش مختلف خاک‌ورزی شامل کاشت مستقیم و سه روش مرسوم مقایسه نمودند. در آن پژوهش، شاخص مخروط خاک در عمق صفر تا ۴۵ سانتی‌متر، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل خاک و عمق فرورفتگی چرخ تراکتور در خاک اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که خلل و فرج خاک در روش کاشت مستقیم، ۷ درصد کاهش می‌یابد در صورتی که کاهش خلل و فرج در روش‌های مرسوم تا حدود ۱۵ درصد نیز می‌رسد.

هدف از اجرای این پروژه بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بر برخی مشخصه‌های عملکردی ماشین و خاک در تناوب پیشنهادی گندم- جو- پنبه- گندم در اقلیم معتدل استان خراسان رضوی بود.

۲- مواد و روش‌ها

آزمایشات در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد استان خراسان رضوی اجرا گردید. ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی در ۲۳۵ کیلومتری جنوب شرقی مشهد قرار داشته و دارای زمستان‌های سرد و طولانی (با میانگین ۱۲۳ روز یخبندان در طی سال)، بهار خشک و تابستان‌های معتدل است. ارتفاع از سطح دریا در این ایستگاه ۱۷۲۱ متر و میانگین بارندگی سالیانه ۲۲۵ میلی‌متر

جدول ۱- مشخصات ماشین‌های مورد استفاده در آزمایش
Table 1. Specifications of used farm machineries

مشخصات Specifications	نوع ماشین Farm machineries
تندر ساخت شرکت بزرگ همدان مدل SPD 2500، ۱۳ ردیفه، عرض کاری ۲/۵ متر Barzgar Hamedan, Model SPD 2500, 13 Row, working width 2.5 meters	بذرکار کاشت مستقیم Direct Drill
۵ شاخه ساخت شرکت پایدار ساز خراسان، فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر 5 shanks, Paydar saz Korasan, row spacing 30 cm	گاواهن قلمی غلتک‌دار (چیزل پکر) Chisel Packer
آفست مدل SAR ۲۰ پره ۲۴ اینچی ساخت شرکت شخمیران offset, 20 Didc, 24 in	دیسک Harrow Disc

درجه، و قطر اسمی ۱۱/۲۸ میلی‌متر و سطح مقطع یک سانتی‌متر مربع استفاده شد. سرعت نفوذ دستی به‌هنگام نفوذ به‌صورت عمودی درون خاک، ۲۰ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم گردید.

۲-۱-۳- قطر کلوخه‌ها^۱ (میانگین وزنی)

اندازه‌گیری توزیع اندازه‌ای پایداری کلوخه‌های خاک بعد از اعمال تیمارهای خاک‌ورزی با استفاده از الک‌های مخصوص انجام شد. 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 کلوخه‌ها (MWD) که نشان‌دهنده مقدار پایداری کلوخه‌های خاک است از رابطه (۳) محاسبه گردید (Sims & O'Neill, 1994).

$$MWD = \sum_{i=1}^n \bar{X}_i W_i \quad (3)$$

در این رابطه \bar{X}_i میانگین قطر کلوخه‌های باقیمانده بر روی الک و W_i نسبت وزن کلوخه‌های باقیمانده روی هر الک به وزن کل نمونه و n تعداد الک‌ها است.

۲-۱-۴- درصد برگردان شدن بقایای گیاهی

قبل و بعد از انجام عملیات، بقایای گیاهی در یک سطح یک مترمربعی (قاب یک مترمربعی) جمع آوری و با استفاده از رابطه (۴) درصد برگردان شدن بقایای گیاهی محاسبه شد (Sims & O'Neill, 1994).

$$IR = \frac{W_a - W_b}{W_a} \times 100 \quad (4)$$

که در آن، IR درصد برگردان شدن بقایای گیاهی، W_a وزن خشک

با استفاده از رابطه (۱) جرم مخصوص ظاهری بر مبنای خاک خشک محاسبه گردید (Sims & O'Neill, 1994).

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

که در آن، BD جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، W_d جرم خاک خشک (گرم) و V حجم کل خاک (سانتی‌متر مکعب) است.

۲-۱-۲- مقاومت به نفوذ (شاخص مخروط) خاک

به‌منظور بررسی تغییرات مقاومت خاک در بعد از عملیات خاک‌ورزی (مرحله حداکثر رشد رویشی گیاه) شاخص مقاومت به نفوذ تعیین گردید. در این آزمایش اندازه‌گیری‌های 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 سانتی‌متر، ۳۰-۱۵ سانتی‌متر و ۴۵-۳۰ سانتی‌متری انجام شد. اندازه‌گیری‌ها در هر سال اجرای آزمایش صورت گرفت. روش آزمایش نفوذسنجی استاتیکی و بر اساس نفوذ یک مخروط در زمین و اندازه‌گیری نیروی لازم جهت این امر استوار است. از رابطه (۲) برای محاسبه مقاومت به نفوذ استفاده گردید (Sims & O'Neill, 1994).

$$q = \frac{F \times 9.81}{A} \quad (2)$$

که در آن، q مقاومت به نفوذ (مگا پاسکال)، A سطح مقطع شاخص (میلی‌متر مربع) و F نیروی قرائت‌شده به‌وسیله نفوذسنج (کیلوگرم) می‌باشد. برای اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک از دستگاه نفوذسنج الکترونیکی مدل Eijkelkmap ساخت کشور هلند استفاده شد. به‌هنگام استفاده از نفوذسنج، از مخروط استاندارد با زاویه رأس ۶۰

^۱ - Mean Weight Diameter (MWD)

راهنمای تراکتور، دنده مورد نظر انتخاب و با استفاده از گاز دستی و دور موتور، سرعت‌های مورد نظر حاصل شد. برای آبیاری با توجه به طول شیارها، احتمال نداشتن یکنواختی توزیع مناسب آب وجود داشت لذا برای داشتن یکنواختی توزیع مناسب آب، از سامانه 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 اعمال گردید.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های داده‌های مربوط به مشخصه‌های مورد اندازه‌گیری در آزمایش در سال‌های مختلف اجرای پروژه به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ آمده است. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص مخروط خاک در ادامه مستقلاً آورده شده است.

۳-۱- جرم مخصوص ظاهری خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های جرم مخصوص ظاهری خاک در سال‌های مختلف اجرای پروژه نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری و ۳۰-۱۵ سانتی‌متری داشته است (جدول ۲). تیمار مقدار بقایای گیاهی تأثیر معنی‌داری بر جرم مخصوص ظاهری نداشت.

با توجه به جدول شماره ۳، جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری در تیمارهای خاک‌ورزی متداول، خاک‌ورزی حفاظتی و بی خاک‌ورزی به ترتیب برابر ۱/۶۷، ۱/۶ و ۱/۵۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب است که با هم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ دارند. دلیل افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک در خاک‌ورزی متداول استفاده بیشتر ماشین‌های کشاورزی نسبت سایر تیمارها می‌باشد که باعث فشردگی بیشتر خاک در عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری شده و در نتیجه این مشخصه افزایش می‌یابد. میزان بقایای گیاهی تأثیر معنی‌داری بر جرم مخصوص خاک نداشته است. همین روند نیز در عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری نیز برای این مشخصه در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی وجود دارد. بیشترین مقدار جرم مخصوص ظاهری در تیمار خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد و پس از آن تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و بی خاک‌ورزی در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.

۳-۲- توان کششی مورد نیاز

همان‌طور که در جداول ۲ و ۳ مشاهده می‌شود اختلاف توان‌های کششی مصرفی در ادوات مختلف معنی‌دار می‌باشد. گاوآهن برگردان‌دار با مصرف توان حدوداً ۳۴ اسب بخار بیشترین مصرف و بعد آن چیزل غلتک‌دار (چیزل پکر) و بذرکار کاشت مستقیم به ترتیب با ۲۶/۲۲ و ۱۱/۴۴ اسب بخار در رده‌های بعدی قرار دارند. میزان مقاومت کششی

بقایای گیاهی قبل از انجام عملیات (کیلوگرم) و W_b وزن خشک بقایای گیاهی (کیلوگرم) بعد از انجام عملیات خاک‌ورزی است.

۲-۱-۵- مصرف سوخت

میزان سوخت مصرفی برای انجام عملیات در هر تیمار به روش باک پر اندازه‌گیری و با توجه به مساحت کرت‌ها، مقدار مصرف سوخت در هر هکتار به دست آمد. این مشخصه در روش خاک‌ورزی مرسوم، حاصل جمع مصرف سوخت هر ماشین می‌باشد.

۲-۱-۶- زمان انجام عملیات

با توجه به تیمارهای مختلف شامل روش‌های بی خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم زمان انجام هر یک از عملیات در هر کرت محاسبه و به صورت دقیقه در هکتار تعمیم داده شد.

۲-۱-۷- مقاومت کششی ادوات

به منظور تعیین توان کششی مورد نیاز، مقاومت کششی خاک‌ورزها و کارنده‌ها تعیین گردید. در تیمار خاک‌ورزی مرسوم، این نیرو از حاصل جمع نیروی مقاومت کششی برای هر ماشین محاسبه و با هم جمع شد. مقاومت کششی معمولاً با دستگاه دینامومتر اتصال سه نقطه اندازه‌گیری می‌شود اما به علت عدم دسترسی به این دستگاه از نوع مالبندی (تبدیل لود سل فشاری به کششی) به روش زیر استفاده شد. مقاومت کششی در دو مرحله با بار و بی بار اندازه‌گیری شد. در مرحله بی بار دینامومتر بین دو تراکتور قرار گرفت. تراکتور جلو کشنده و تراکتور عقب حامل گاوآهن و یا کارنده در وضعیت خلاص بود. در این مرحله گاوآهن و یا پیش‌برها و شیار بازکن‌های بذرکار در زمین نفوذ نکرده و فقط توسط تراکتور دوم حمل شد. با قرائت میزان نیروی کششی در این مرحله مقاومت غلتشی تراکتور حامل گاوآهن و یا کارنده (R) تعیین شد. در مرحله بعد گاوآهن 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 گاوآهن و کارنده مقاومت غلتشی تراکتور دوم تعیین شد.

از تفاضل نیروی کششی در طی این دو مرحله مقاومت کششی خالص گاوآهن و بذرکارها تعیین شد. این شاخص در هر مزرعه سه بار اندازه‌گیری و میانگین آن به عنوان مقاومت کششی ماشین خاک‌ورز و یا کارنده در نظر گرفته شد. با ضرب نیروی کششی در متوسط 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 سرعت‌های پیشروی بالا استفاده می‌شد. بدین منظور بنا به توصیه سازندگان این نوع کارنده‌ها سرعت پیشروی ۸-۷ کیلومتر در ساعت انتخاب گردید. برای دستیابی به سرعت ذکر شده با توجه به کتابچه

خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم اختلاف زیادی از نظر مصرف سوخت وجود دارد به طوری که تیمارهای بی خاک‌ورزی (کشت مستقیم) و کم خاک‌ورزی نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم به ترتیب به میزان ۷۶ و ۶۰ درصد باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت می‌شوند. علت اختلاف در میزان مصرف سوخت مربوط به شکل و طراحی قطعات درگیر با خاک، شدت خاک‌ورزی و نهایتاً میزان مقاومت کششی آن‌ها در حین حرکت در خاک است. در همین راستا پژوهش‌های دیگر نشان داد که مصرف سوخت گاواهن چپزل با دیسک اختلاف معنی‌دار آماری ندارد ولی این دو با گاواهن برگردان‌دار اختلاف معنی‌دار داشتند و دیسک کمترین مصرف سوخت را داشت (Gholami, 2010).

۳-۵- زمان صرف شده برای انجام عملیات

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲، اختلاف معنی‌داری بین روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم از نظر زمان صرف شده برای انجام عملیات وجود دارد به طوری که روش بی خاک‌ورزی دارای کمترین و خاک‌ورزی مرسوم دارای بیشترین زمان صرف شده است. نتایج این مقایسه نشان داد که تیمار بی خاک‌ورزی زمان انجام عملیات تهیه زمین و کاشت را در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم و کم خاک‌ورزی به ترتیب به میزان ۸۱ و ۵۸ درصد کاهش می‌دهد (جدول ۳). کاهش زمان مورد نیاز برای عملیات تهیه زمین و کاشت و افزایش ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای از مزایای مهم خاک‌ورزی حفاظتی (بی خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی) است که باعث می‌شود کاشت در محدوده تاریخ کاشت توصیه شده انجام شود و از افت عملکرد ناشی از کاشت تأخیری جلوگیری شود. کاهش زمان مورد نیاز برای تهیه زمین و کاشت و افزایش ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر در سامانه دو کاشتی که فاصله زمانی بین دو کاشت اندک است، اهمیت دو چندان پیدا می‌کند. سایر پژوهشگران هم نتیجه گرفتند گاواهن قلمی و دیسک به ترتیب ۲۸ و ۳۸ درصد زمان کمتر را نسبت به گاواهن برگردان‌دار مصرف نمودند (Gholami, 2010).

۳-۶- قطر وزنی متوسط کلوخه

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها در جدول‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهد که قطر وزنی کلوخه‌ها بعد از اعمال تیمارها در روش‌های خاک‌ورزی در سطوح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود با افزایش شدت خاک‌ورزی میانگین قطر کلوخه‌ها کاهش می‌یابد به طوری که با اعمال تیمارهای کاشت مستقیم، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم به ترتیب قطر کلوخه ۲۸/۲۸، ۲۳/۵۵ و ۱۸/۵۶ میلی‌متر ایجاد شد. هم‌چنین اثر میزان بقایا بر قطر کلوخه‌ها معنی‌دار شد به طوری که تیمارهای با حفظ بقایای ۳۰ و ۶۰ درصد با قطر کلوخه تقریباً ۲۲ میلی‌متر در یک رده قرار گرفته که با تیمار بدون بقایا (قطر کلوخه ۲۴ میلی‌متر) اختلاف معنی‌داری دارد.

ادوات به عمق برش، عرض برش، شکل ابزار، ترتیب قرارگیری و سرعت پیشروی بستگی دارد. اثرات این عوامل با نوع خاک‌ورز و شرایط مختلف خاک تغییر می‌کند. ادوات چپزل مانند در مقایسه با گاواهن‌های برگردان‌دار در عمق و عرض کاری یکسان مقاومت کششی کمتری را در یک خاک دارند که این امر متأثر از شکل و اندازه دستگاه است (Shafiee, 1993). در بذرکاری با توجه به عمق کاری نسبتاً کم شیار بازکن‌ها، میزان مقاومت کششی از چپزل غلتک‌دار و گاواهن برگردان‌دار به طور معنی‌داری کمتر شد. هم‌چنین، میزان بقایای گیاهی روی زمین توان مصرفی ادوات، تأثیر معنی‌داری نداشته است. با این وجود در حالت زمین بدون وجود بقایای گیاهی، توان مورد نیاز حدود یک اسب بخار بیشتر از تیمارهای خاک با بقایای گیاهی بود. علت این امر حفظ نسبی رطوبت خاک و در نتیجه کاهش مقاومت کششی ادوات در این تیمارها می‌باشد. نتایج این تحقیق با یافته‌های Gholami (2010) مبنی بر پایین بودن توان مالبندی گاواهن چپزل نسبت به گاواهن برگردان‌دار مطابقت دارد.

۳-۳- درصد برگردان شدن بقایای گیاهی

همان‌طوری که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشاهده می‌شود فقط تیمار روش‌های خاک‌ورزی بر میزان برگردان شدن بقایای گیاهی تأثیر معنی‌دار داشته است و بر این اساس حداکثر میزان برگردان شدن بقایای گیاهی به میزان ۸۱/۴۴ درصد در تیمار خاک‌ورزی مرسوم به وسیله گاواهن برگردان‌دار به دست آمد و پس از این تیمار، روش کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی با ۵۱/۴۴ و ۱۴/۶۶ درصد در رده‌های بعدی قرار گرفتند. نوع تیغه‌ها و ساختمان ادواتی که در عملیات خاک‌ورزی استفاده می‌شوند بر شرایط فیزیکی خاک و از جمله برگردان شدن بقایای گیاهی تأثیر مستقیم دارد. گاواهن برگردان‌دار خاک را به طور کامل برگردانده و حداکثر بقایای گیاهی را به زیر خاک می‌برد. در روش کم خاک‌ورزی ابتدا تیغه‌های چپزل پکر در جلوی خاک‌ورز خاک را سست و گسیختگی در خاک ایجاد کرده و سپس غلتک انتهایی خاک‌ورز باعث تسطیح و خرد کردن کلوخه‌های خاک می‌شود. عملکرد این دستگاه را می‌توان تا حدودی با استفاده از گاواهن قلمی به همراه دیسک مشابه دانست. به‌آئین و همکاران (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 تأیید می‌کند. حداقل میزان برگردان بقایای گیاهی مربوط به کارنده کاشت مستقیم است که فقط تیغه‌های این ماشین در هنگام عملیات باز کردن شیار و کاشت، مقدار کمی از بقایای گیاهی را به زیر خاک می‌برد.

۳-۴- مصرف سوخت

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین میزان مصرف سوخت در تیمارهای مختلف نشان داد که بین تیمارهای بی خاک‌ورزی، کم

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس مشخصه‌های اندازه‌گیری شده

Table 2. ANOVA for the measured parameters

F								منابع تغییرات
متوسط قطر وزنی کلوخه MWD	زمان عملیات Time of operation (min. ha ⁻¹)	مصرف سوخت Fuel consumption (l.ha ⁻¹)	درصد برگردان شدن بقایا Residues returned percentage	توان کششی Traction power (hp)	جرم مخصوص ظاهری خاک (عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر) Bulk density (15-30 cm)	جرم مخصوص ظاهری خاک (عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر) Bulk density (0-15 cm)	درجه آزادی df	SV
3.59 ns	0.4 ns	0.58 ns	0.61 ns	50.861 **	0.623 ns	2.147 ns	2	تکرار Replication
184 **	8263.36 **	36410 **	2828.8 **	3605.41 **	484.16 **	339.64 **	2	روش‌های خاک‌ورزی (T) Tillage methods
3.5 ns	0.006 ns	4 *	1 ns	12.1 ns	0.918 ns	0.029 ns	2	مقدار بقایای گیاهی (R) Residues amount
1 ns	1.38 **	1.59 ns	0.88 ns	4.9 *	0.672 ns	3.47 *	4	روش‌های خاک‌ورزی × تکرار Tillage × replication
0.2 ns	1.7 ns	3.2 ns	0.94 ns	3.9 *	1.26 ns	0.294 ns	4	روش‌های خاک‌ورزی × مقدار بقایای گیاهی Tillage × residues
							12	خطا Error

***: وجود اختلاف بسیار معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد * : وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های نتایج مقایسه میانگین مشخصه‌های اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف

Table 3. Compare means for the measured parameters

قطر وزنی کلوخه (میلی‌متر) MWD (mm)	زمان عملیات (دقیقه در هکتار) Time of operation (min.ha ⁻¹)	مصرف سوخت (لیتر در هکتار) fuel consumption (l.ha ⁻¹)	درصد برگردان شدن بقایا (%) Residues returned percentage	توان کششی (اسب بخار) Traction power (hp)	جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متری Bulk density (gr.cm ⁻³) (depth 15-30 cm)	جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری Bulk density (gr.cm ⁻³) (depth 0-15 cm)	تیمار مورد بررسی Treatments
							الف- روش‌های خاک‌ورزی Tillage methods
28.78 c	57.33 a	10.78 a	14.66 a	11.44 a	1.6 a	1.53 a	بی خاک‌ورزی (کاشت مستقیم) No tillage (direct drill)
23.55 b	127 b	17.78 b	51.44 b	26.22 b	1.7 b	1.6 b	کم خاک‌ورزی (چیزل غلتک دار) Minimum tillage (chisel packer)
18.56 a	304.78 c	44.89 c	81.44 c	34.22 c	1.76 c	1.67 c	خاک‌ورزی متداول (گاوا آهن برگردان دار) Conventional tillage (moldboard plow)
							ب- مقدار بقایای گیاهی Residues amount
24.44 b	166.7 a	24 a	-	24.66 a	1.69 a	1.6 a	بدون بقایا Without Residues
23.22 b	166.9 a	24.55 a	49.56 a	23.86 b	1.69 a	1.6 a	حفظ ۳۰٪ بقایا 30% Residues
23 a	159.33 a	51.22 a	50.89 a	23.34 b	1.68 a	1.6 a	حفظ ۶۰٪ بقایا 60% Residues

* حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد (دانکن $\alpha = 0.05$) می‌باشد

بر این مشخصه اثر معنی‌داری داشته است.

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵) در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری خاک نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی و مقدار بقایای باقیمانده بر روی خاک تأثیر معنی‌داری بر مقاومت به نفوذ خاک دارد. استفاده از خاک‌ورزی متداول مقاومت به نفوذ بیشتری را در مقایسه با خاک‌ورزی حفاظتی و بی خاک‌ورزی ایجاد نموده است (۱/۵۲ مگاپاسکال در مقابل ۱/۲ و ۱/۱۵ مگاپاسکال). اثر سال روی این مشخصه نیز معنی‌دار گردید به طوری که نتایج سال‌های دوم و سوم حاکی از یک کاهش معنی‌دار مقاومت به نفوذ در خاک (۱/۲۳ و ۱/۱۲ مگاپاسکال) نسبت به سال اول (۱/۵۱ مگاپاسکال) دارد. علت افزایش فشردگی خاک در تیمار خاک‌ورزی متداول نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی و بی خاک‌ورزی، تعدد و تردد بیشتر ماشین‌های کشاورزی در این تیمار نسبت به سایر روش‌های خاک‌ورزی هست. مقدار بقایای گیاهی باقی‌مانده بر سطح خاک نیز تأثیر معنی‌داری روی مقاومت به نفوذ خاک دارد. هر چه بقایای گیاهی بیشتر باشد مقاومت به نفوذ کمتر است. دلیل این موضوع حفظ رطوبت بیشتر خاک در حالت وجود بقایای گیاهی بیشتر نسبت به حالت بدون بقایا است. این اثر با گذشت زمان و با توجه به تأثیر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و بی خاک‌ورزی روی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک روند ثابتی دارد. این نتایج با یافته‌های *Jat et al.* (2017) مطابقت دارد.

علت این تفاوت این است که گاوآهن برگردان‌دار با برگردان کردن کامل خاک باعث خرد شدن کلوخه‌ها و کاهش میانگین وزنی قطر کلوخه‌ها می‌شود. این نتایج با یافته‌های اوزپینار و همکاران (Ozpınar and Cay, 2006) که بیان کردند روش‌های خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر میانگین وزنی قطر کلوخه دارند هم‌خوانی دارد. سایر محققین نظیر باتاچاریا و همکاران (Bhattacharyya et al., 2009) و بیر و همکاران (Bear et al., 1994) نیز نتایج مشابهی دست‌یافته‌اند. وجود بقایای گیاهی بر روی خاک باعث حفظ بیشتر رطوبت خاک می‌شود و این امر در محدوده رطوبتی کمتر از حد ظرفیت مزرعه‌ای، باعث کاهش چسبندگی ذرات خاک و کمتر شدن قطر کلوخه در حین خاک‌ورزی می‌گردد.

۳-۷- مقاومت به نفوذ خاک (شاخص مخروط)

نتایج تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین‌ها در جداول ۴ و ۵ آمده است. در جدول ۴ مشاهده می‌شود که اثر سال‌های اجرای آزمایش فقط در عمق اندازه‌گیری ۰-۱۵ سانتی‌متری خاک تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان مقاومت به نفوذ خاک داشته است. روش‌های خاک‌ورزی در تمام عمق‌های اندازه‌گیری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان مقاومت به نفوذ خاک تأثیر معنی‌دار داشته است و میزان بقایای باقیمانده روی خاک در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری در سطح احتمال ۱٪ و در بقیه عمق‌های اندازه‌گیری در سطح احتمال ۵٪

جدول ۴- تجزیه واریانس داده‌های مقاومت به نفوذ در خاک در سالهای اجرای پروژه در عمق‌های مختلف خاک

Table 4. ANOVA for the soil penetration resistance in different years and soil depth

F			درجه	منابع تغییر
عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر	عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر	عمق ۳۰-۴۵ سانتی‌متر	آزادی	S.V
Depth (0-15 cm)	Depth (15-30 cm)	Depth (30-45 cm)	df	
29.84 **	0.61 ns	0.5 ns	2	سال Year
28.82 **	8.9 **	10 **	2	روش‌های خاک‌ورزی (T) Tillage methods
8 **	4.13 *	3.5 *	2	مقدار بقایای گیاهی (R) Residues amount
1.3 ns	0.093 ns	0.037 ns	4	تکرار × سال Year × replication
0.62 ns	0.136 ns	0.012 ns	4	روش‌های خاک‌ورزی × سال Year × tillage methods
0.49 ns	0.081 ns	0.056 ns	4	مقدار بقایای گیاهی × سال Year × residues amount
0.69 ns	0.641 ns	0.172 ns	12	روش‌های خاک‌ورزی × مقدار بقایای گیاهی × سال Year × tillage methods × residues amount
48				خطا Error

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

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین مقاومت به نفوذ خاک در تیمارها و سال‌های مختلف (دانکن $\alpha=0/05$)

Table 5. Comparison of means for the soil penetration resistance in different years and soil depth

مقاومت به نفوذ (مگا پاسکال) Soil penetration resistance			تیمار مورد بررسی Treatments
عمق ۳۰-۴۵ سانتی‌متر Depth (30-45 cm)	عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر Depth (15-30 cm)	عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر Depth (0-15 cm)	
الف- روش‌های خاک‌ورزی Tillage methods			
1.39 a	1.77 a	1.15 a	بی خاک‌ورزی No tillage
1.56 b	1.74 a	1.2 a	کم خاک‌ورزی Minimum tillage
1.75 c	2.17 b	1.52 b	خاک‌ورزی متداول Conventional tillage
ب- مقدار بقایای گیاهی Residues amount			
1.64 a	2.08 a	1.41 b	بدون بقایا Without Residues
1.61 a	1.79 a	1.24 a	حفظ ۳۰٪ بقایا 30% Residues
1.44 b	1.8 b	1.21 a	حفظ ۶۰٪ بقایا 60% Residues
ج- سال			
1.6 c	1.95 a	1.51 c	سال اول First year
1.57 b	1.91 a	1.23 b	سال دوم Second year
1.52 b	1.82 a	1.12 a	سال سوم Third year

*حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

بقایای گیاهی در سطح احتمال ۵٪ بر مقاومت به نفوذ خاک اثر معنی‌دار دارد. در بین روش‌های مختلف روش خاک‌ورزی متداول با مقدار ۱/۷۵ مگاپاسکال بیشترین مقاومت به نفوذ را دارد و پس از آن روش‌های کم خاک‌ورزی و کاشت مستقیم به ترتیب با ۱/۳۹ و ۱/۵۶ مگاپاسکال در رده‌های بعدی قرار گرفته‌اند، و با هم اختلاف معنی‌دار دارند. علت این امر می‌تواند مربوط به عمق کار بیشتر چپزل غلتک‌دار نسبت به گاوآهن 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 یافته‌های جت و همکاران (Jat *et al.*, 2009) مطابقت دارد. اثر سال نیز در این عمق معنی‌دار نشده است و گذشت زمان بر میزان مقاومت به نفوذ خاک اثر معنی‌داری نداشته است.

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متری خاک نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی در سطح احتمال ۱٪ و میزان بقایای گیاهی در سطح احتمال ۵٪ بر مقاومت به نفوذ خاک اثر معنی‌دار دارد. به طوری که خاک‌ورزی متداول نسبت به کم خاک‌ورزی مقاومت به نفوذ بیشتری ایجاد کرده است. علت این امر احتمالاً مربوط به استفاده از گاوآهن برگردان‌دار در سال‌های اجرای آزمایش و افزایش تراکم ناشی از تردد ماشین‌های کشاورزی و ایجاد لایه شخم (plow pan) و به تبع آن فشردگی و متراکم شدن خاک در عمق شخم است که با نتایج سایر محققان مانند سالم و همکاران، بوتا و همکاران و گوزوبویوک و همکاران (Salem *et al.*, 2015; Botta *et al.*, 2009; Gozubuyuk *et al.*, 2014) مبنی بر تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر این مشخصه، هم‌خوانی دارد.

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها در عمق ۳۰-۴۵ سانتی‌متری خاک بیانگر این است که روش‌های خاک‌ورزی در سطح احتمال ۱٪ و میزان

۴- نتیجه‌گیری

آن باشد. با توجه به این‌که نحوه کاشت محصولات زراعی توسط کشاورزان در حال حاضر معمولاً با استفاده از شخم (گاواهن برگردان دار) و در زمین بدون بقایا انجام می‌شود، در صورت تغییر روش کشت و مدیریت بقایای گیاهی (به‌عنوان 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 می‌رود به‌کارگیری 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 برای سال‌های آینده و همچنین کاهش هزینه ماشین‌آلات و مصرف انرژی را به دنبال داشته باشد.

با وجود مزایای بسیاری که سامانه‌های کشاورزی حفاظتی نسبت به روش مرسوم دارند، اکثر کشاورزان و بهره‌برداران تمایلی به استفاده از این سامانه، مخصوصاً روش کاشت مستقیم ندارند. این امر علل مختلفی از جمله عوامل اقتصادی، اجتماعی، فنی و اقلیمی دارد. لذا برای تشویق کشاورزان به استفاده از کشاورزی حفاظتی دولت حمایت مالی و پشتیبانی از کشاورزان در زمینه تأمین ماشین‌های کشاورزی مورد نیاز داشته باشد و سایر دستگاه‌های متصدی و متخصصین از ایجاد توقع افزایش عملکرد محصول آبی در کشاورزان و بهره‌برداران خودداری نمایند و هدف اولیه کوتاه مدت در ترویج این نوع کشاورزی، حفظ عملکرد محصول در سطح کشاورزی مرسوم تعریف گردد.

منابع

- 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.*, *157*, 1-12. <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.
- Cooper, J., Baranski, M., Stewart, G., Nobel-de Lange, M., Bärberi, P., Fließbach, A., . . . Casagrande, M. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*. 36(1), 22.
- 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.
- 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)
- Gholami, M. (2010). The effect of different safflower tillage methods on the performance of agricultural machines. 6th National Conference on Agr. Machinery Engineering and Mechanization. Tehran, Iran
- 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.
- Jat, H.S., Datta, A., Sharma, P.C., Kumar, V., Yadav, A.K., Choudhary, Madhu. (2017). Assessing soil properties and nutrient availability under conservation agriculture practices in a reclaimed sodic soil in cereal-based systems of North-West India. *Archives of Agronomy and Soil Science*. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1359415>
- 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.
- Ozpinar, S., Cay, A., 2006. 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*, 88:95-106
- 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 Org.
- Shafiee, S, A. (1993). Principles of farm machinery. University of Tehran Publication, First edition.
- Verhulst, N., Goverts, B., Verachttert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalma, 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.



This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)