

# بررسی تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی روی عملکرد ماشین و خصوصیات خاک در اقلیم معتدل

سعید ظریف نشاط<sup>۱\*</sup>، محمد حسین سعیدی راد، محمود صفری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۱

۱- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد.

۲- استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.

مسئول مکاتبه Email: 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

---

## How to cite:

Saeed zarifneshat, Mohammad Hossein Saeidi Rad, Mahmood Safari, N. 2023. Investigation of different tillage methods on some machine and soil parameters in temperate regions Journal of Agricultural Mechanization 8 (4): 67-79.

# Investigation of different tillage methods on some machine and soil parameters in temperate regions

Saeed zarifneshat<sup>1\*</sup>, Mohammad Hossein Saeidi Rad, Mahmood Safari

Received: August 6, 2023

Accepted: January 23, 2024

1,2- Associated professor– Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center.

3- Assistant professor - Agricultural engineering research institute, AREEO, Karaj, Iran.

\*Corresponding author: zarifneshat@yahoo.com

## Abstract

The effect of no tillage, conservation and conventional tillage were investigated on some characteristics of soil, machine. This study was conducted in 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 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 reduced fuel consumption (by a maximum of 76% and 60% reduction compared to the conventional method, respectively), a significant reduction in the maximum operating time 81% and 59%, 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%. Soil tillage methods and number of residues have a significant effect on soil penetration resistance.

**Key words:** Barley, conservation tillage, Cotton, Conventional Tillage, No tillage, Wheat

## ۱- مقدمه

هزینه آماده‌سازی بستر بذر و کاشت گندم فقط به میزان ۵۰۰ هزار ریال در هکتار صرفه‌جویی شود و سامانه‌های کشاورزی حفاظتی و کم خاک‌ورزی در سطح استان خراسان رضوی و به تبع آن در سطح کشور آن‌هم 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 آن‌هم فقط برای گندم است و پیش‌بینی گسترش سطح زیر کشت از این هم بیشتر خواهد بود، مضاف بر اینکه 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

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

کاهش داشته است. بازده توان کمی افزایش داشته اما معنی دار نبوده است. میزان رطوبت در عمق ۲۰ سانتی متری، ۵/۶ تا ۷/۵ درصد و در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی متری، ۵ تا ۱۱ درصد افزایش داشته است. بیشترین مقدار فسفات در عمق صفر تا ۱۰ سانتی متری 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 گاواهن پارا وجود داشته است (Rusu, 2005).

در مطالعه دیگری تأثیر خاک ورزی مرسوم و بی خاک ورزی 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 سیستم بی خاک ورزی بیشتر از عملکرد در سیستم خاک ورزی مرسوم بود. دلیل این امر تبخیر کمتر آب از خاک در سیستم 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 کاشت گندم پس از برداشت برنج، کنترل علف هرز فالاریس، کاهش هزینه های تولید، صرفه جویی در مصرف آب و افزایش درآمد بهره بردار بیان شد (Erenstein & Laxmi, 2008).

جت و همکاران (Jat et al, 2009) روش های مختلف خاک ورزی 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 روش های خاک ورزی 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 هردو به صورت بی خاک ورزی کاشت شدند برابر با سودمندی آن در سامانه مرسوم بود. بوتتا و همکاران (Botta et al, 2009) شدت ترافیک و تراکم خاک را در چهار روش مختلف خاک ورزی شامل کاشت مستقیم و سه روش مرسوم مقایسه نمودند. در آن پژوهش، شاخص مخروط خاک در عمق صفر تا ۴۵ سانتی متر، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل خاک و عمق فرورفتگی چرخ تراکتور در خاک اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که خلل و فرج خاک در روش کاشت مستقیم، ۷ 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 خاک ورزی حفاظتی و مرسوم بر برخی مشخصه های عملکردی ماشین و خاک در تناوب پیشنهادهای گندم-جو-پنبه-گندم در اقلیم معتدل استان خراسان رضوی بود.

پودر شدن آن جلوگیری کرده و باعث کاهش فرسایش بادی می گردد. بر این اساس انتظار می رود که سامانه کشاورزی حفاظتی به سبب کاهش تعدد عملیات خاک ورزی از یک سو و حفظ بقایای گیاهی از سوی دیگر سبب افزایش بهره وری آب و کاهش نیاز آبی محصول شود (Kaspar et al, 1990 & Guerif et al, 2001).

کم خاک ورزی و بی خاک ورزی دو روش متداول در خاک ورزی حفاظتی است. در روش کم خاک ورزی عملیات برحسب 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 کارنده، کود و بذر را با حداقل به هم خوردگی در خاک قرار می دهد. در روش بی خاک ورزی بقایای گیاهی در سطح خاک (روی خاک) رها می شوند. 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 می توان در مناطق خشک بخصوص در فصل تابستان، دور آبیاری را افزایش داد (Ghodsi, 2013).

Cooper et al. (2016) با روش فراتحلیل نشان دادند که خاک ورزی سطحی بدون برگردان کردن خاک در کشاورزی ارگانیک باعث پایداری عملکرد محصول (سبزی و صیفی، گندم، جو و چاودار) و افزایش ماده آلی خاک می شود.

تداوم استفاده از عملیات زراعی متداول و آن هم 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 مشخصه های خاک برای مؤثر و پایدار بودن جهت تولید محصولات زراعی فرسوده شده اند که این مشخصه ها شامل عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می باشد (Montgomery, 2007). تخمین زده شده که فعالیت های 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 خاک ورزی مرسوم (گاواهن کلاسیک و دو بار دیسک، گاواهن برگردان دار و هرس دوار) و چهار روش کم خاک ورزی (دیسک و هرس دوار، دو بار هرس دوار، گاواهن پارا و هرس دوار، پنجه غازی و هرس دوار) از نظر خواص خاک، کنترل علف هرز، عملکرد و بازده انرژی، روی محصولات ذرت، سویا و گندم در یک دوره سه ساله بررسی شد. نتایج نشان داد در کم خاک ورزی، مصرف سوخت گازوئیل ۱۲/۴ تا ۲۵/۳ لیتر در هکتار، و توان مورد نیاز ۲۳/۶ تا ۴۲/۸ درصد

## ۲- مواد و روش‌ها

این آزمایش 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 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 به صورت 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 به وسیله 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 جمع آوری 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 غلتک دار (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 برگردان دار، دیسک، لولر و کشت با ردیف‌کار) به عنوان شاهد

با محاسبه میزان عملکرد بیولوژیک محصولات زراعی این سامانه تناوبی (گندم، جو و پنبه)، مقادیر متناسب بقایا با اعمال تیمارهای مدیریتی بقایا بر روی سطح خاک به صورت ایستاده یا پخش شده بر روی سطح خاک حفظ شد

در سامانه کاشت بدون خاک‌ورزی (کاشت مستقیم)، از بذرکار کاشت مستقیم ساخت شرکت برزگر همدان استفاده شد. مشخصات ادوات و ماشینهای مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات ماشین‌های مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Specifications of Farm Machineries

مشخصات Specifications	نوع ماشین Farm machineries
تندر ساخت شرکت برزگر 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 سانتی متر 5 shanks, Paydar saz Korasan, row spacing 30 cm	گاوآهن قلمی غلتک دار (چیزل پکر) Chisel Packer
آفست مدل SAR ۲۰ پره ۲۴ اینچی ساخت شرکت شخمیران offset, 20 Didc, 24 in	دیسک Harrow Disc

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

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.

### ۲-۲- مقاومت به نفوذ (شاخص مخروط) خاک:

به منظور 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

### روش اندازه‌گیری مشخصه‌ها:

۲-۱- 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 ۳۰-۴۰ سانتی‌متری هر کرت نمونه‌برداری شد. نمونه‌های دست‌نخورده به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد درآون خشک‌شده و با استفاده از رابطه زیر جرم مخصوص ظاهری بر مبنای خاک خشک محاسبه گردید

(Sims & O'Neill, 1994).

که در آن: IR درصد برگردان شدن بقایای گیاهی،  $W_a$  وزن خشک بقایای گیاهی قبل از انجام عملیات (کیلوگرم) و  $W_b$  وزن خشک بقایای گیاهی (کیلوگرم) بعد از انجام عملیات خاک ورزی است.

**۲-۵- مصرف سوخت:** میزان سوخت مصرفی برای انجام عملیات در هر تیمار به روش باک پر اندازه گیری شده و با توجه به مساحت کرت‌ها، مقدار مصرف سوخت در هر هکتار به دست آمد. این مشخصه در روش خاک ورزی مرسوم، حاصل جمع مصرف سوخت هر ماشین می‌باشد.

**۲-۶- 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.

**۲-۷- مقاومت کششی ادوات:** به منظور تعیین توان کششی مورد نیاز، مقاومت کششی خاک ورزها و کارنده‌ها تعیین شد. 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 اندازه گیری 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 اندازه گیری شد. در مرحله بی بار دینامومتر بین دو تراکتور قرار گرفت تراکتور جلو کشنده و تراکتور عقب حامل گاواهن و یا کارنده در وضعیت خلاص بود در این مرحله گاواهن و یا پیش‌برها و شیار بازکن‌های بذرکار در زمین نفوذ نکرده و فقط توسط تراکتور دوم حمل شد. با فرلنت میزان نیروی کششی در این مرحله مقاومت غلتشی تراکتور حامل گاواهن و یا کارنده (R) تعیین شد. در مرحله بعد گاواهن 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 گاواهن و کارنده مقاومت غلتشی تراکتور دوم تعیین شد.

از تفاضل نیروی کششی در طی این دو مرحله مقاومت کششی خالص گاواهن و بذرکارها تعیین شد. این شاخص در هر مزرعه سه بار اندازه گیری و میانگین آن به عنوان مقاومت کششی ماشین خاک ورز و یا کارنده در نظر گرفته شد. با ضرب نیروی کششی در متوسط سرعت پیشروی ماشین، توان مالبندی مورد نیاز محاسبه شد (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 ۷-۸ کیلومتر در ساعت انتخاب گردید. برای دستیابی

محصول در تناوب پیشنهادی و در سه عمق ۱۵-۰ سانتیمتر، ۳۰-۱۵ سانتیمتر و ۴۵-۳۰ سانتیمتری انجام شد. اندازه گیری‌ها 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 ذیل 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 قرائت شده به وسیله نفوذسنج (کیلوگرم) می‌باشد.

برای اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک از دستگاه نفوذسنج الکترونیکی مدل Eijkelmap ساخت کشور هلند استفاده شد. به هنگام استفاده از نفوذسنج، از مخروط استاندارد با زاویه رأس ۶۰ درجه، و قطر اسمی ۱۱/۲۸ میلی‌متر و سطح مقطع یک سانتی‌متر مربع استفاده شد. سرعت نفوذ دستی به هنگام نفوذ به صورت عمودی درون خاک، ۲۰ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم گردید.

**۲-۳- قطر کلوخه‌ها<sup>۱</sup> ( میانگین وزنی):** اندازه‌گیری توزیع

اندازه‌های 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 زیر 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 بر روی هر الک به وزن کل نمونه و n تعداد الک‌ها است.

**۲-۴- درصد برگردان شدن بقایای گیاهی:** قبل و بعد از انجام

عملیات، بقایای گیاهی در یک سطح یک متر مربعی (قاب یک متر مربعی) جمع آوری و با استفاده از رابطه زیر درصد برگردان شدن بقایای گیاهی محاسبه شد (Sims & O'Neill, 1994):

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

<sup>1</sup> - Mean Weight Diameter (MWD)

برش، شکل ابزار، ترتیب قرارگیری و سرعت پیشروی بستگی دارد. اثرات این عوامل با نوع خاک ورز و شرایط مختلف خاک تغییر می‌کند. ادوات چیزل مانند در مقایسه با گاوآهن‌های برگردان دار 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 چیزل غلتک دار و گاوآهن برگردان دار به‌طور معنی‌داری کمتر شد. هم‌چنین میزان بقایای گیاهی روی زمین بر روی 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 گاوآهن چیزل نسبت به گاوآهن 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 به‌وسیله گاوآهن برگردان دار 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. گاوآهن برگردان دار خاک را به‌طور کامل برگردانده و حداکثر بقایای گیاهی را به زیر خاک می‌برد. در روش کم خاک‌ورزی ابتدا تیغه‌های چیزل 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 گاوآهن قلمی به همراه دیسک مشابه دانست. به‌آئین و همکاران (Behaen el al, 2011) طی آزمایشی کم بودن میزان برگردان شدن بقایای گیاهی در گاوآهن قلمی را مربوط به شکل خاص گاوآهن 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.

به سرعت ذکر شده با توجه به کتابچه 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 مصرف شد.

### ۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های داده‌های مربوط به مشخصه‌های مورداندازه‌گیری 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 ۰-۱۵ سانتی‌متری و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری (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 ۰-۱۵ 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 ۰-۱۵ سانتی‌متری شده و در نتیجه این مشخصه افزایش می‌یابد. میزان بقایای گیاهی تأثیر معنی‌داری بر جرم مخصوص خاک نداشت. همین روند نیز در عمق ۱۵-۳۰ 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 جدول‌های ۲ و

۳ مشاهده می‌شود اختلاف توان‌های کششی مصرفی در ادوات مختلف معنی‌دار می‌باشد. گاوآهن برگردان دار با مصرف توان حدوداً ۳۴ اسب بخار بیشترین مصرف و بعد از آن چیزل غلتک دار (چیزل پکر) و بذرکار کاشت مستقیم به ترتیب با ۲۶/۲۲ و ۱۱/۴۴ اسب بخار در رده‌های بعدی قرار دارند. میزان مقاومت کششی ادوات به عمق برش، عرض

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس مشخصه‌های اندازه‌گیری شده

Table 2. ANOVA for the measured parameters

F								
متوسط قطر وزنی کلوخه MWD	زمان عملیات Time of operation	مصرف سوخت Fuel consumption	درصد برگردان شدن بقایا Residues returned percentage	توان کششی Traction power	جرم مخصوص ظاهری خاک (عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر) Bulk density (15-30)	جرم مخصوص ظاهری خاک (عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر) Bulk density (0-15)	درجه آزادی df	منابع تغییرات 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

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 <sup>-1</sup> )	مصرف سوخت (لیتر در هکتار) fuel consumption (litr.ha <sup>-1</sup> )	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 <sup>-3</sup> ) (depth 15-30 cm)	جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) در عمق ۰-۱۵ سانتیمتری bulk density (gr.cm <sup>-3</sup> ) (depth 0-15 cm)	تیمار مورد بررسی treatments
--	---	---	---	---	---	---	--------------------------------

الف- روش‌های خاک‌ورزی

Tillage methods

جدول  
۳- مقایسه

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 (گاوآهن 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



می‌کند. سایر پژوهشگران هم نتیجه گرفتند گاوآهن قلمی و دیسک به ترتیب ۲۸ و ۳۸ درصد زمان کمتر را نسبت به گاوآهن برگرداندار مصرف نمودند (Gholami, 2010).

#### ۶- قطر وزنی متوسط کلوخه:

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قطر وزنی کلوخه‌ها بعد از اعمال تیمارها در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. 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 ۲۸/۷۸، 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.

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 (Ozpinar et al, 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 جدول‌های ۴ و ۵ آمده است.

#### 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 آزادی		منابع تغییر
		df		S.V
عمق ۳۰-۴۵	عمق ۱۵-۳۰	عمق ۰-۱۵		
depth (30-45)	depth (15-30)	depth (0-15)		
0.5 ns	0.61 ns	29.84 **	2	سال year
10 **	8.9 **	28.82 **	2	روش‌های خاک ورزی (T) tillage methods
3.5 *	4.13 *	8 **	2	مقدار بقایای گیاهی (R) Residues amount
0.037 ns	0.093 ns	1.3 ns	4	تکرار × سال year × replication
0.012 ns	0.136 ns	0.62 ns	4	روش‌های خاک ورزی × سال year × tillage methods
0.056 ns	0.081 ns	0.49 ns	4	مقدار بقایای گیاهی × سال

#### ۳-۴- مصرف سوخت: نتایج تجزیه واریانس و مقایسه

میانگین میزان مصرف سوخت در تیمارهای مختلف نشان داد که بین تیمارهای بی خاک‌ورزی، کم 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 تیمارهای بی 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 گاوآهن چیزل با دیسک اختلاف معنی‌دار آماری ندارد ولی این دو با گاوآهن 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 محدوده‌ی 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 دوچندان پیدا

0.172 ns	0.641 ns	0.69 ns	12	روش‌های خاک ورزی × مقدار بقایای گیاهی × سال
			48	year× Residues amount year×tillage methods× Residues amount
				خطا error

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

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 بر 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 بر روی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک روند ثابتی دارد. این نتایج با یافته‌های جت و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد.

در جدول شماره 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 بر روی خاک در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری در سطح احتمال ۱٪ و در بقیه عمق‌های اندازه‌گیری در سطح احتمال ۵٪ 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 ۱/۱۲ و ۱/۱۵ مگاپاسکال). اثر سال بر روی این مشخصه نیز

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

Table 5. Compare 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)	عمق ۱۵-۳۰ سانتیمتر depth (15-30)	عمق ۰-۱۵ سانتیمتر depth (0-15)	
۱/۳۹ a	۱/۷۷ a	۱/۱۵ a	الف- روش‌های خاک‌ورزی tillage methods
			بی خاک‌ورزی no tillage
۱/۵۶ b	۱/۷۴ a	۱/۲ a	کم خاک‌ورزی minimum tillage
۱/۷۵ c	۲/۱۷ b	۱/۵۲ b	خاک‌ورزی متداول conventional tillage
			ب- مقدار بقایای گیاهی Residues amount
۱/۶۴ a	۲/۰۸ a	۱/۴۱ b	بدون بقایا Without Residues
۱/۶۱ a	۱/۷۹ a	۱/۲۴ a	حفظ ۳۰٪ بقایا 30% Residues
۱/۴۴ b	۱/۸ b	۱/۲۱ a	حفظ ۶۰٪ بقایا 60% Residues
			ج- سال سال اول first year
۱/۶ c	۱/۹۵ a	۱/۵۱ c	سال دوم second year
۱/۵۷ b	۱/۹۱ a	۱/۲۳ b	

۱/۵۲ b	۱/۸۲ a	۱/۱۲ a	سال سوم third year
--------	--------	--------	-----------------------

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

معنی داری با هم داشتند. این مشخصه در هر دو عمق ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتیمتری خاک در تیمار بی خاک ورزی نسبت به کم خاک ورزی و خاک ورزی متداول کمتر بود هر چند تغییر و بهبود جرم مخصوص ظاهری خاک در سامانه های خاک ورزی حفاظتی نیاز به اجرا در سال های بیشتری می باشد.

نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن سایر مزایای روش های خاک ورزی حفاظتی، این روش ها به راحتی می توانند جایگزین خاک ورزی مرسوم در تهیه زمین محصولات تناوب در مناطق معتدل گرم استان خراسان رضوی گردند.

مدیریت بقایا در سطوح آماری یک یا پنج درصد اثر معنی دار بر مقدار مشخصه های ماشین و خاک نداشت، کاهش هزینه های اقتصادی و زیست محیطی ناشی از حذف قسمتی از عملیات خاک ورزی می تواند دلیلی منطقی بر توصیه کاربرد آن باشد. با توجه به اینکه نحوه کاشت محصولات زراعی توسط کشاورزان در حال حاضر معمولاً با استفاده از شخم (گاوا آهن برگردان دار) و در زمین بدون بقایا انجام می شود، در صورت تغییر روش کشت و مدیریت بقایای گیاهی ( به عنوان مثال کاشت محصول در زمینی با ۳۰ درصد بقایای محصول قبلی و استفاده از روش بدون شخم)، به احتمال زیاد می توان انتظار داشت که میزان عملکرد افزایش یابد. علاوه بر سود حاصل از افزایش عملکرد، انتظار می رود به کارگیری 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 آن ها برای سال های آینده و همچنین کاهش هزینه ماشین آلات و مصرف انرژی را به دنبال داشته باشد.

با وجود مزایای بسیاری که سامانه های کشاورزی حفاظتی نسبت به روش مرسوم دارند، اکثر کشاورزان و بهره برداران 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 ماشین های کشاورزی مورد نیاز داشته باشد، و سایر دستگاه های متصدی و متخصصین از ایجاد توقع افزایش عملکرد محصول آبی در کشاورزان و بهره برداران خودداری نمایند و هدف اولیه کوتاه مدت در ترویج این نوع کشاورزی، حفظ عملکرد محصول در سطح کشاورزی مرسوم تعریف گردد.

نتایج تجزیه و تحلیل داده ها در عمق ۳۰-۱۵ سانتیمتری خاک نشان داد که روش های خاک ورزی در سطح احتمال ۱٪ و میزان بقایای گیاهی در سطح احتمال ۵٪ بر مقاومت به نفوذ خاک اثر معنی دار دارد. به طوری که خاک ورزی متداول نسبت به کم خاک ورزی مقاومت به نفوذ بیشتری ایجاد کرده است. علت این امر احتمالاً مربوط به استفاده از گاوا آهن برگردان دار در سال های اجرای آزمایش و افزایش تراکم ناشی از تردد ماشین های 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، بوت و همکاران و گوزوبویوک و همکاران (Salem et al., 2015; Botta et al., 2009) and Gozubuyuk et al., 2014) مبنی بر تأثیر روش های مختلف خاک ورزی بر این مشخصه، هم خوانی دارد.

نتایج تجزیه و تحلیل داده ها در عمق ۴۵-۳۰ سانتیمتری خاک بیانگر این است که روش های خاک ورزی در سطح احتمال ۱٪ و میزان بقایای گیاهی در سطح احتمال ۵٪ بر مقاومت به نفوذ خاک اثر معنی دار دارد. در بین روش های مختلف روش خاک ورزی متداول با مقدار ۱/۷۵ مگا پاسکال بیشترین مقاومت به نفوذ را دارد و پس از آن روش های کم خاک ورزی و کاشت مستقیم به ترتیب با ۱/۵۶ و ۱/۳۹ مگا پاسکال در رده های بعدی قرار گرفته اند، و با هم اختلاف معنی دار دارند. علت این امر می تواند مربوط به عمق کار بیشتر چیزل غلتک دار نسبت به گاوا آهن برگردان دار و به هم خوردگی بیشتر خاک در این عمق و همچنین افزایش تردد ماشین های کشاورزی در روش مرسوم نسبت به سایر روش ها باشد که این نتایج با یافته های جت و همکاران که این نتایج با یافته های جت و همکاران (Jat et al, 2009) مطابقت دارد. اثر سال نیز در این عمق معنی دار نشده است و گذشت زمان بر میزان مقاومت به نفوذ خاک اثر معنی داری نداشته است.

## نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که روش های خاک ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک ورزی مرسوم باعث کاهش قابل توجه مصرف انرژی مکانیکی (۶۶ درصد) و به تبع آن مصرف سوخت (۷۶ درصد) و کاهش قابل ملاحظه زمان انجام عملیات (۸۱ درصد) می شود. کاهش مصرف سوخت در کاهش هزینه های تولید و آلودگی هوا مؤثر است کاهش زمان انجام عملیات تهیه زمین و کاشت، موجب کاشت به موقع محصول و کاهش افت محصول ناشی از تأخیر در تاریخ کاشت می شود. جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار های بی خاک ورزی، کم خاک ورزی و خاک ورزی مرسوم نیز در انتهای فصل رشد تفاوت

## مراجع

- 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., Mchet 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-loam 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.
- 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. Enviro.*, from <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.008>.
- Bear, M.H., P. F. Hendrix & 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. 11<sup>th</sup> 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., Barberi, 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

- 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., 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



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