

## Effect of Conservation Tillage Methods in Comparison with Conventional Tillage on Water Holding Capacity and Soil Organic Matter Content (Case Study: Yazd)

Gholamhassan Ranjbar<sup>1</sup>, Hossein Beyrami<sup>1\*</sup>, Seyed Ali Tabatabaei<sup>3</sup>, Mahdi Shiran-Tafti<sup>4</sup>, Hadi Pirasteh-Anosheh<sup>2</sup>

Received: 26 October 2022 Accepted: 26 October 2022

1-Assoc. Prof., National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

2- Assist. Prof., National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

3- Assoc. Prof., Dept., of Agronomy and Horticulture Researches, Yazd Agricultural and Natural Resources and Education Center, (AREEO), Yazd, Iran

4-Researcher, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

Corresponding Author Email: beyrami.h@hotmail.com

### Abstract

**Background and Objective:** This research was conducted in order to compare conservation tillage methods compared to conventional tillage on the moisture retention, organic matter and bulk density of the soil.

**Materials and Methods:** Experiments were conducted on permanent raised bed (PRB), no-till with SFOGGIA (NT) and Jab Planter (JP) equipments, in a wheat- rapeseed-corn cropping system, during 2018-2020, as a randomized complete block design with three replicates in Yazd. Barzegar and Neptune cultivars and SC704 hybrid were used for wheat, rapeseed and corn, respectively. The examined characteristics included levels of soil moisture, bulk density and amount of soil organic matter.

**Results:** Average of organic matter in 0-30 cm soil depth was increased from 0.23% at the beginning of experiment to 0.53%, 0.67% and 0.48% at the end of experiment in PRB, NT and JP treatments, respectively. The amount of soil organic matter in CT treatment was about 0.49% at the end of the experiment. The highest amount of available water was observed in PRB (0.207 %), CT (0.193 %) and JP (0.163 %) treatments, respectively. The lowest value of this parameter was observed in NT treatment (0.143%). The lowest value of the average bulk density of soil was observed in the CT treatment (1.47 g.cm<sup>3</sup>) and the highest value was observed in the NT treatment (1.60 g.cm<sup>3</sup>). Results showed significant differences among different tillage treatments in terms of wheat grain yield. Wheat grain yield in PRB treatment was significantly higher than the other treatments. The lowest wheat grain yield was obtained at NTs and NTj treatments. Wheat grain yield in CT, PRB and NTs and NTj treatments, were 4422, 5186, 3762 and 3547 kg.ha<sup>-1</sup>, respectively. The highest grain yield for rapeseed was obtained at CT and PRB treatments with no significant differences. The lowest grain yield was also observed for NTj treatment. The highest fresh weight of corn forage (71021 kg.ha<sup>-1</sup>) was observed in PRB treatment which was not statistically different from fresh weight in NTs and NTj treatments. The fresh weight of corn forage in CT treatment was 29% lower than fresh weight in PRB treatment.

**Conclusion:** The use of conservation tillage methods and preservation of residues in the field can help to improve soil organic matter. Also, the average bulk density, water holding capacity, saturated moisture and field capacity moisture of the soil are strongly affected by the application of tillage methods and also the type of equipment used in tillage operation.

**Keywords:** Conservation Agriculture, No-Till, Organic Matter, Soil Bulk Density, Water Retention Capacity

## تأثیر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم بر ظرفیت نگهداری آب و مقدار ماده آلی خاک (مطالعه موردی: یزد)

غلامحسن رنجبر<sup>۱</sup>، حسین بیرامی<sup>۱\*</sup>، سید علی طباطبائی<sup>۳</sup>، مهدی شیران تفتی<sup>۴</sup>، هادی پیراسته انوشه<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۱

- ۱- دانشیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
  - ۲- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
  - ۳- دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
  - ۴- محقق، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
- \* مسئول مکاتبه: Email: Beyrami.h@hotmail.com

### چکیده

اهداف: این پژوهش به منظور مقایسه روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم بر مقدار نگهداری رطوبت، ماده آلی و چگالی ظاهری خاک انجام یافت.

مواد و روش‌ها: آزمایش‌ها بر روی بسترهای بلند دائمی، بی‌خاک‌ورزی با دستگاه‌های SFOGGIA و Jab Planter در یک تناوب گندم-کلزا-ذرت، طی سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۷، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در یزد انجام شد. از ارقام برزگر، نپتون و هیبرید SC704 به ترتیب برای گندم، کلزا و ذرت استفاده گردید. خصوصیات مورد بررسی شامل سطوح رطوبتی خاک، چگالی ظاهری و مقدار ماده آلی خاک بود.

یافته‌ها: متوسط میزان ماده آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک از ۰/۲۳ درصد در ابتدای آزمایش به ۰/۵۳، ۰/۶۷ و ۰/۴۸ درصد در پایان آزمایش به ترتیب در تیمارهای بلند دائمی (PRB) و بی‌خاک‌ورزی با دستگاه‌های SFOGGIA (NT) و Jab Planter (JP) رسید. میزان ماده آلی خاک در خاک‌ورزی مرسوم (CT) در پایان آزمایش ۰/۴۹ درصد بود. بیشترین مقدار آب قابل دسترس به ترتیب در تیمارهای PRB (۰/۲۰۷ درصد)، CT (۰/۱۹۳ درصد) و JP (۰/۱۶۳) مشاهده گردید. کمترین مقدار این پارامتر نیز در تیمار NT (۰/۱۴۳ درصد) مشاهده شد. کمترین مقدار میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار CT (۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و بیشترین مقدار آن در تیمار NT (۱/۶۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مشاهده شد. عملکرد دانه گندم در تیمار بسترهای بلند دائمی به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. کمترین میزان عملکرد دانه گندم مربوط به تیمارهای بی‌خاک‌ورزی بود. میزان عملکرد دانه گندم در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم، کاشت روی بسترهای بلند دائمی، بدون خاک‌ورزی با دستگاه SFOGGIA و کاشت با دستگاه بی‌خاک‌ورزی Jab Planter به ترتیب ۴۴۲۲، ۵۱۸۶، ۳۷۶۲ و ۲۵۴۷ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین عملکرد دانه کلزا بدون اختلاف معنی‌دار در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و کاشت بر روی پشته‌های دائمی بدست آمد. کمترین عملکرد دانه کلزا نیز از تیمار کاشت با دستگاه بی‌خاک‌ورزی Jab Planter به دست آمد. بیشترین وزن تر علوفه ذرت (۷۱۰۲۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاشت روی بسترهای بلند دائمی بدست آمد که از نظر آماری با تیمار بی‌خاک‌ورزی کاشت با دستگاه SFOGGIA و Jab Planter تفاوت معنی‌دار نداشت. وزن تر علوفه ذرت در تیمار خاک‌ورزی مرسوم به میزان ۲۹ درصد کمتر از تیمار کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی بود.

نتیجه‌گیری: کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و حفظ بقایا در مزرعه می‌تواند به بهبود ماده آلی خاک کمک نماید. همچنین میانگین جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب، رطوبت اشباع و رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای خاک به شدت متأثر از اعمال روش‌های خاک‌ورزی و همچنین نوع دستگاه‌های مورد استفاده در عملیات خاک‌ورزی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بدون خاک‌ورزی، چگالی ظاهری خاک، ظرفیت نگهداری آب، کشاورزی حفاظتی، مواد آلی

#### مقدمه

می‌سوزانند و یا به‌عنوان چرای دام از آن استفاده می‌کنند (همت و تاکی ۲۰۰۱).

خاک‌ورزی مرسوم به دلایل مختلفی از جمله مصرف انرژی، فرسایش، از بین رفتن ساختمان خاک، ایجاد لایه غیرقابل نفوذ به دلیل تردد بیش از حد ادوات کشاورزی، کاهش مواد آلی خاک و در نتیجه کاهش فعالیت‌های میکروارگانیسم‌های خاک همواره مورد انتقاد بوده است. به همین خاطر، کشاورزی در این نوع سامانه‌ها، پایدار نبوده و در درازمدت باعث کاهش تولیدات کشاورزی و از بین رفتن منابع پایه می‌گردد (اسدی و فغانی ۱۴۰۰). به‌عبارت دیگر اگرچه روش خاک‌ورزی مرسوم و کشت گیاهان زراعی به‌صورت فشرده باعث افزایش تولید در کوتاه‌مدت شده، ولی این روش به دلیل فرسایش بادی و آبی، تخریب ساختمان خاک، کاهش ماده آلی خاک، مصرف آب زیاد، مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی، عدم کشت به‌موقع محصول و در نهایت افزایش هزینه‌های تولید مورد انتقاد قرار گرفته است (ماداراس و همکاران ۲۰۱۶).

ساختمان خاک به دلیل تأثیر آن بر تهویه، نفوذپذیری و فرسایش و بستر مناسب برای جوانه زدن بذر یکی از خصوصیات مهم خاک بوده و برعکس بافت خاک که یکی از ویژگی‌های ثابت خاک است به‌شدت تحت تأثیر مدیریت کشت و کار می‌باشد. به هم خوردن ساختمان خاک در روش خاک‌ورزی حفاظتی باعث حفظ بیشتر خصوصیات مهم خاک از جمله خاکدانه‌ای ماندن و همچنین نفوذ بیشتر آب به خاک شده و نهایتاً باعث جلوگیری از فرسایش خاک و در نتیجه حفاظت خاک می‌گردد (آلورز و استینباک ۲۰۰۹).

اوسا بیتان و اویدل (۲۰۰۵) اثر سیستم‌های خاک‌ورزی مختلف شامل بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی دستی شامل استفاده از بیل سنتی دستی و خاک‌ورزی با دیسک (حداکثر عمق ۱۵ سانتیمتر) را بررسی و گزارش

خاک یکی از مهم‌ترین منابع تولید محصولات کشاورزی است و عملیات خاک‌ورزی مناسب از عوامل مؤثر در افزایش عملکرد محصول از نظر اقتصادی می‌باشد. روش‌های مختلف خاک‌ورزی می‌تواند بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، استقرار گیاه، رشد ریشه و اندام‌های هوایی گیاه و در نهایت عملکرد محصول تأثیر بگذارد (هوشمندی و همکاران ۱۴۰۰). ذرات خاک با ابعاد و اشکال متفاوت، هنگامی‌که در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند بسته به نوع استقرار آن‌ها منافذ ریز و درشتی بین خود به وجود می‌آورند. منافذ درشت خاک در مقایسه با منافذ ریز که آب را در مکش‌های کم هدایت می‌کنند، به‌راحتی با فشردگی خاک تقلیل می‌یابد و در نتیجه جریان آب و حرکت عناصر غذایی در خاک و جذب عناصر غذایی توسط گیاه تغییر می‌یابد (دولان و همکاران ۱۹۹۲، هوشمندی و همکاران ۱۴۰۰). افزایش تخلخل کل در خاک‌ورزی متداول معمولاً موقت است؛ زیرا بارش باران یا آب آبیاری موجب اثرات ماندگار بر خاک و منجر به فشردگی می‌شود (آنکنی و همکاران ۱۹۹۵).

مناطق مرکزی ایران آب و هوای خشک با شدت زیاد تبخیر و تعرق دارد و خاک‌های آن از نظر مواد آلی فقیر و بدون ساختمان هستند (حاج عباسی و همت ۲۰۰۰). محققان، مدیریت بقایای گیاهی را یکی از روش‌های اصلاح و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، کاهش شدت تبخیر قبل از سایه انداختن کامل گیاه اصلی و حفاظت از محیط‌زیست در مقابل گرم شدن ذکر کرده‌اند (سو و همکاران ۲۰۰۹، حیدری ۲۰۰۴). در اکثر مناطق ایران کشاورزان، بقایای گیاهی، که منبع اصلی تأمین کربن تازه برای تولید بیوماس میکروبی، افزایش جمعیت انواع کرم‌های خاکی و بهبود حاصلخیزی خاک هستند، را از مزرعه بیرون برده و ته ساقه‌های ایستاده را

منجر می‌گردد. در مقابل، سیستم‌های بدون خاک‌ورزی منجر به کاهش تبخیر و رواناب گردیده‌اند. سیستم‌های خاک‌ورزی با اثر روی خلل و فرج و میزان بقایای محصول قبلی در سطح خاک، نقش مهمی در حفظ رطوبت و تولید عملکرد در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارند (هامل ۱۹۹۵؛ دی ویتا و همکاران ۲۰۰۷). محبوبی و همکاران (۱۹۹۳) گزارش نمودند که بیش‌ترین درصد تخلخل خاک در لایه صفر تا ۱۵ سانتی‌متری در خاک‌ورزی با گاو آهن قلمی و کمترین درصد تخلخل در سیستم بدون خاک‌ورزی مشاهده شده است. مک وایا و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که وزن مخصوص ظاهری در اثر استفاده از گاو آهن برگردان‌دار به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

باتوجه به اینکه در مناطق خشک و نیمه خشکی مانند استان یزد علاوه بر فقر ماده آلی خاک، تنش‌هایی مانند خشکی و شوری تولیدات محصولات زراعی را در شرایط کشاورزی مرسوم تهدید می‌نماید، این فرضیه وجود دارد که کاربرد خاک‌ورزی حفاظتی با حفظ درصدی از بقایای گیاهی در سطح خاک می‌تواند به حفظ رطوبت خاک، کاهش تبخیر از سطح خاک و در نتیجه ممانعت از تجمع نمک در لایه سطحی خاک به‌ویژه در زمان آیش کمک نماید. بنابراین این مطالعه به‌منظور مقایسه روش خاک‌ورزی مرسوم با روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در یک تناوب گندم-کلزا-ذرت، بر روی برخی ویژگی‌های خاک و نگهداری آب خاک انجام شد.

#### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر طی سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ به‌منظور مقایسه سه روش کشت حفاظتی با روش خاک‌ورزی مرسوم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی یزد انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در هر سه فصل کاشت آزمایش شامل روش خاک‌ورزی مرسوم (شاهد)، کاشت روی بسترهای بلند دائمی و روش‌های بی‌خاک‌ورزی با دستگاه<sup>۱</sup> SFOGGIA و بی‌خاک‌ورزی با دستگاه<sup>۲</sup> Jab Planter بودند. برای انجام آزمایش‌ها،

کردند که مقدار جرم مخصوص ظاهری پس از اعمال تمام روش‌های خاک‌ورزی تحت تأثیر بارش و رسوب ذرات افزایش یافت. مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک در حالت بدون خاک‌ورزی نسبت به سایر روش‌های خاک‌ورزی بیشتر بود. جرم مخصوص ظاهری خاک در خاک‌ورزی با دیسک از هر دو کمتر شد. در حالی که خلل و فرج کل در خاک‌ورزی با دیسک نسبت به بدون خاک‌ورزی افزایش یافت. با کاهش خاک‌ورزی، فضای کل خلل و فرج کمتر، مقدار خلل و فرج ریز زیاد و خلل و فرج پر از هوا کمتر شد (وان کوور کرک و بون ۱۹۷۰). چاسوت و همکاران (۲۰۰۱) دریافت که خاک سطحی بدون خاک‌ورزی معمولاً سردتر و مرطوب‌تر و با جرم مخصوص ظاهری بیشتری نسبت به خاک‌ورزی‌های رایج است. این موضوع تأثیر بر رشد ریشه گیاه ذرت داشته و همچنین روی جذب عناصر غذایی مؤثر بوده است.

ویلهم و همکاران (۱۹۸۹) به این نتیجه دست یافتند که تراکم کمتر ریشه در سیستم‌های کشت بدون خاک‌ورزی به دلیل زیاده‌تر بودن جرم مخصوص ظاهری خاک حاصل شده و باعث محدودیت جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه گیاه گندم گردید. در نتیجه عملکرد کمتر محصول نسبت به سیستم خاک‌ورزی مرسوم حاصل شد. بر اساس گزارش اوسیل و همکاران (۱۹۹۲) کاهش عملکرد دانه و گاه گندم در سیستم بدون خاک‌ورزی ناشی از فشردگی لایه زیرین خاک بود. این کاهش عملکرد می‌تواند متأثر از عواملی مانند مقاومت مکانیکی بالای خاک، کمبود رطوبت خاک و کاهش قابلیت فراهمی عناصر غذایی باشد. افزایش عملیات خاک‌ورزی معمولاً موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری و مقاومت مکانیکی خاک شده و می‌تواند رشد ریشه و عملکرد گیاه افزایش یابد.

محققان بسیاری از جمله عظیم زاده و همکاران (۲۰۰۲) و هالورسون و همکاران (۲۰۰۰) گزارش نموده‌اند که استفاده از گاو آهن برگردان‌دار به افزایش تلفات رطوبت خاک و در نهایت به کاهش عملکرد دانه گندم

<sup>۲</sup> این دستگاه، از یک اسکلت چوبی و یک ابزار فلزی منقاری شکل به منظور نفوذ در خاک تشکیل شده است. همچنین در کنارهای اسکلت چوبی دو مخزن کود و بذر با دریچه‌های قابل تنظیم تعبیه شده است

<sup>۱</sup> این کارنده دارای دو مخزن کود و بذر و در آن از شیار بازکن‌های دیسکی به منظور تسهیل کار در بقایای گیاهی استفاده شده است.

بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا گردید. ابعاد هر کرت آزمایشی ۴۵×۸ متر در نظر گرفته شده بود.

تناوب گندم-کلزا-ذرت در سه فصل متوالی و در یک مکان (پلات‌های ثابت) مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). آزمایش در هر سه فصل زراعی در قالب طرح

جدول ۱- زمان کاشت گیاهان مورد بررسی در تناوب پیشنهادی

| کشت تابستانه | کشت پاییزه | سال             |
|--------------|------------|-----------------|
| آیش          | گندم       | اول (۱۳۹۷-۱۳۹۸) |
| ذرت          | کلزا       | دوم (۱۳۹۸-۱۳۹۹) |

برزرگر به صورت چهار ردیف روی هر پشته و با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کشت شد. در تیمارهای بدون خاک‌ورزی نیز کاشت گندم به طور مستقیم و بدون هرگونه عملیات خاک‌ورزی با دستگاه‌های SFOGGIA و Jab Planter انجام شد (شکل ۱). قبل از کاشت در این دو تیمار میزان بقایای موجود در سطح مزرعه با استفاده از روش برش عرضی خطی اندازه‌گیری شد (آسودار و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به اینکه کشت در بقایا محصول فصل گذشته (جو) انجام شد، متوسط درصد پوشش بقایا در این تیمارها به میزان ۶۳٪ بود. کاشت در تمام تیمارها در تاریخ ۲۳ آبان‌ماه ۱۳۹۷ انجام شد.

بافت خاک مزرعه مورد مطالعه لوم شنی بود، همچنین مشخصات شیمیایی خاک مزرعه قبل از کاشت گندم در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در جدول ۲ آورده شده است. عملیات خاک‌ورزی برای کاشت گندم در مهرماه سال ۱۳۹۷ انجام شد. در تیمار شاهد (خاک‌ورزی مرسوم) عملیات خاک‌ورزی شامل دو بار گاوآهن برگردان‌دار، یکبار دیسک و کاشت با خطی‌کار غلات بود. در تیمار کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی، پس از انجام عملیات خاک‌ورزی مشابه تیمار شاهد، کاشت روی پشته‌هایی به عرض ۸۰ سانتی‌متر و با دستگاه کاشت در بسترهای بلند دائمی ساخت شرکت تراشکده کرج انجام گردید. بدین منظور بذر گندم رقم

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه پیش از کاشت گندم در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک

| مقدار | واحد                | ویژگی                                     |
|-------|---------------------|---|
| ۳/۲   | dS m <sup>-1</sup>  | هدایت الکتریکی (EC)                       |
| ۷/۳   |                     | پی اچ (pH)                                |
| ۵/۶   | meq L <sup>-1</sup> | سدیم (Na <sup>+</sup> )                   |
| ۷/۹   | meq L <sup>-1</sup> | منیزیم (Mg <sup>2+</sup> )                |
| ۳۱/۸  | meq L <sup>-1</sup> | کلسیم (Ca <sup>2+</sup> )                 |
| ۲/۹۶  | meq L <sup>-1</sup> | کلر (Cl <sup>-</sup> )                    |
| ۱/۷۶  | meq L <sup>-1</sup> | بیکربنات (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) |
| ۴۰/۶  | meq L <sup>-1</sup> | سولفات (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )   |
| ۱/۳   |                     | نسبت جذب سدیم (SAR)                       |
| ۰/۲۳  | درصد                | ماده آلی                                  |
| ۰/۱۳  | درصد                | کربن آلی                                  |
| ۰/۰۱  | درصد                | نیتروژن (T.N.)                            |
| ۶۲/۰  | میلی‌گرم در کیلوگرم | پتاسیم (K)                                |
| ۲۲/۴  | میلی‌گرم در کیلوگرم | فسفر (P)                                  |



شکل ۱- ادوات مورد استفاده برای خاکورزی مرسوم به عنوان شاهد (۱)، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی (۲)، بی‌خاکورزی با دستگاه SFOGGIA (۳) و بی‌خاکورزی با دستگاه Jab Planter (۴)

در فصل اول پیش از کشت گندم همراه با عملیات خاکورزی بر اساس ۱۵۰ کیلوگرم پتاس به صورت سولفات پتاسیم برای تیمارها استفاده شد. میزان نیتروژن مورد نیاز قبل از کشت بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) و در طول فصل رشد بر اساس روش کارت رنگ برگ (هاشمی‌نژاد ۲۰۱۶) مصرف گردید. در پایان فصل رشد مقدار اوره (۴۶ N٪) مصرف شده در هکتار برای روش‌های خاکورزی مرسوم (شاهد)، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی، بی‌خاکورزی با دستگاه SFOGGIA و بی‌خاکورزی با دستگاه Jab Planter هیچ‌گونه عملیات خاکورزی انجام نشد و کاشت به‌طور مستقیم در بقایای ایستاده محصول قبل (پوشش کامل سطح خاک) با استفاده از دستگاه‌های مربوطه انجام شد. کاشت کلزا در مهرماه سال ۱۳۹۸ با رقم نپتون و با احتساب ۸ کیلوگرم بذر در هکتار انجام شد. ذرت نیز با استفاده از رقم SC704 و در هفته اول تیر سال ۱۳۹۹ کشت گردید. میزان کود مصرف شده در طول فصل رشد برای کلزا و ذرت به ترتیب ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود که به‌وسیله کود اوره تأمین گردید.

در فصل اول پیش از کشت گندم همراه با عملیات خاکورزی بر اساس ۱۵۰ کیلوگرم پتاس به صورت سولفات پتاسیم برای تیمارها استفاده شد. میزان نیتروژن مورد نیاز قبل از کشت بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) و در طول فصل رشد بر اساس روش کارت رنگ برگ (هاشمی‌نژاد ۲۰۱۶) مصرف گردید. در پایان فصل رشد مقدار اوره (۴۶ N٪) مصرف شده در هکتار برای روش‌های خاکورزی مرسوم (شاهد)، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی، بی‌خاکورزی با دستگاه SFOGGIA و بی‌خاکورزی با دستگاه Jab Planter، به ترتیب ۲۷۴، ۲۷۴، ۳۹۴ و ۳۰۴ کیلوگرم در هکتار بود، که در چهار زمان سبز شدن، اواسط پنجه رفتن، ساقه رفتن و در زمان گلدهی مصرف گردید. علت مصرف بیشتر کود اوره در تیمارهای بی‌خاکورزی، وجود بقایای گیاهی در خاک و تغییر در نسبت کربن به نیتروژن (C/N) بود.

پژمردگی دائم می‌باشد که با فرمول زیر برای هر نمونه محاسبه گردید:

$$AW \equiv \theta_{fc} - \theta_{pwp}$$

که در این معادله  $\theta_{fc}$  رطوبت خاک در ظرفیت مزرع‌ای و  $\theta_{pwp}$  رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم می‌باشند.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD مقایسه شدند.

به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه گندم و کلزا، در پایان فصل رشد مقدار چهار مترمربع از هر کرت برای گندم و کلزا برداشت گردید. در طول فصل رشد ذرت در ۱۰۰ روز پس از کاشت مقدار دو متر مربع در هر واحد آزمایشی برداشت و میزان علوفه تر اندازه‌گیری شد. قالب طرح آماری بکاربرده شده برای هر محصول طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

تغییرات درصد ماده آلی در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به این نتایج، اجرای تیمارهای خاک‌ورزی در طول سه فصل در مقایسه با تیمار خاک‌ورزی مرسوم، باعث افزایش محسوس مقدار کربن و ماده آلی در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک شد. به‌طورکلی متوسط میزان ماده آلی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک از ۰/۲۳ درصد قبل از کاشت گندم به ۰/۵۳، ۰/۶۷ و ۰/۴۸ درصد بعد از برداشت ذرت به ترتیب در تیمارهای حفاظتی کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی (RT)، بی‌خاک‌ورزی با دستگاه SFOGGIA (NT) و کاشت با دستگاه بی‌خاک‌ورز Jab Planter (JP) افزایش یافت (شکل ۲). این درحالی بود که درصد ماده آلی خاک در این عمق در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم (CT) ۰/۴۹ بود. میزان افزایش ماده آلی خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در مقایسه با لایه سطحی در همه تیمارها کمتر بود.

نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و حفظ بقایا در مزرعه

برای هر سه گیاه زراعی، آبیاری بر اساس عرف منطقه و مشاهده علائم ظاهری گیاهان زراعی کشت شده و همچنین اندازه‌گیری رطوبت خاک در مزرعه انجام و مقدار آب مصرفی برای هر تیمار با استفاده از پارشال فلوم کنترل شد. با این حال با توجه به روش کاشت (جوی-پشته‌ای در روش کاشت بسترهای بلند دائمی، کرتی در روش‌های کاشت مرسوم و بی‌خاک‌ورزی با استفاده از دستگاه SFOGGIA و کاهش یک تا دو نوبت آبیاری در روش کاشت با دستگاه Jab Planter)، در طول فصل رشد در مواقع لزوم علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی کنترل گردید. پس از برداشت هر محصول در انتهای فصل زراعی، نمونه‌های خاک جهت اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل مقادیر فسفر، ازت و پتاسیم و همچنین درصد کربن و ماده آلی خاک تهیه گردید. برای تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک، قبل از عملیات خاک‌ورزی در هر فصل و همچنین در زمان برداشت محصول با استفاده از استوانه‌های نمونه‌گیری از اعماق صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰ و ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه خاک تهیه شد. نمونه‌های دست‌نخورده به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و جرم مخصوص ظاهری بر مبنای خاک خشک محاسبه گردید. میزان ماده آلی خاک با تهیه نمونه خاک در تیمارهای مختلف و در دو مرحله پیش از کاشت و پس از برداشت محصول اندازه‌گیری شد.

درصد وزنی رطوبت و در نهایت منحنی رطوبتی خاک (در هشت مکش متفاوت ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۵، ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ بار) برای هر تیمار در سه تکرار با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شد. پس از تعیین رطوبت وزنی نمونه‌ها، درصد رطوبت حجمی از حاصل‌ضرب وزن مخصوص ظاهری در رطوبت وزنی خاک محاسبه گردید. مقدار ظرفیت نگهداری آب خاک برابر با مقدار باقیمانده رطوبت خاک در مکش برابر با رطوبت ظرفیت مزرع‌ای پس از خروج آب ثقی می‌باشد که این مقدار برای هر تیمار در تکرارهای مختلف محاسبه گردید. رطوبت قابل دسترس (AW) رطوبت موجود در خاک در مکش بین رطوبت ظرفیت مزرع‌ای و رطوبت



مواد آلی زودتر معدنی شده و در نتیجه مواد آلی سریع‌تر از دست می‌رود. از بین رفتن مواد آلی خاک شاید عمده‌ترین عاملی است که منجر به تخریب خاک می‌شود. بنابراین، یکی از عوامل فقیر شدن خاک‌ها و بروز پدیده بیابان‌زایی مربوط به تلفات مواد آلی خاک خصوصاً در نواحی نیمه‌خشک است. مواد آلی خاک به دلیل تأثیر مثبت بر نگهداری آب، ساختمان خاک، فعالیت بیولوژیکی و ظرفیت تبادل کاتیونی اهمیت زیادی در خاک دارد. علاوه بر این با توجه به اینکه در خاک‌ورزی حفاظتی بقایا در سطح خاک حفظ می‌شوند، بنابراین تجزیه بقایای آلی عامل دیگری برای افزایش ماده آلی خاک در طولانی‌مدت خواهد بود. در آزمایشی در همدان به مدت ۴ سال زراعی مدیریت بقایای گیاهی و عمق شخم در تناوب گندم و ذرت مورد بررسی قرارگرفت، در تیمارهایی که بقایای ذرت به خاک برگردانده شده بود، بعد از ۱۸ ماه کربن آلی حدود ۲۵ درصد افزایش یافت (حیدری ۲۰۰۴).

می‌تواند به بهبود ماده آلی خاک کمک نماید. ماده آلی یکی از شاخص‌های بسیار مهم در حفظ و نگهداری از خاک در برابر فرسایش است. ماده آلی با افزایش ثبات خاکدانه‌ها بخصوص در قسمت سطحی خاک، مانع از پراکندگی ذرات خاک در طی وزش باد و جریان یافتن آب می‌شود. تجزیه و تحلیل مشاهدات خاک‌ورزی بر کیفیت خاک در ایلینیوس امریکا نشان داد که کربن آلی خاک، حساس‌ترین و بهترین شاخص سنجش کیفیت خاک بوده و از طرفی، خاک‌ورزی نیز اصلی‌ترین عامل افزایش اکسیداسیون و تسریع از دست رفتن کربن آلی خاک می‌باشد (من‌لای و همکاران ۲۰۰۷). بیر و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که مقدار مواد آلی موجود در خاک شدیداً تحت تأثیر شیوه خاک‌ورزی بوده و روش‌های بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش میزان مواد آلی خاک می‌گردند. در روش خاک‌ورزی مرسوم، به هم خوردن خاک باعث تجزیه بیشتر و سریع‌تر بقایای گیاهی شده و کربن و ازت موجود در

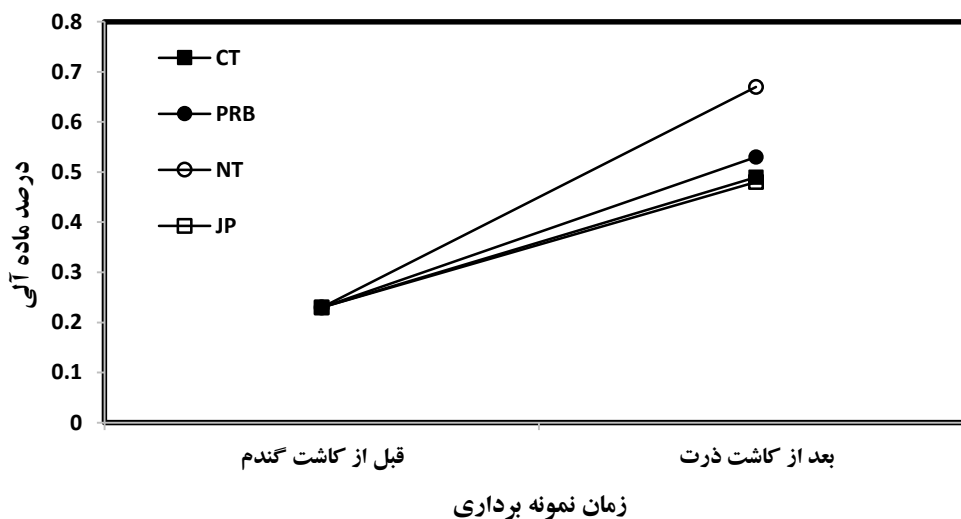
جدول ۳- مقایسه تغییرات میزان ماده آلی (%) در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم (CT)، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی (PRB)، بدون خاک‌ورزی با دستگاه SFOGGIA (NT) و کاشت با دستگاه بی خاک‌ورزی Jab Planter (JP) در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک قبل از کاشت و بعد از برداشت ذرت

| روش خاک‌ورزی | قبل از کاشت | بعد از برداشت گندم | بعد از برداشت کلزا | بعد از برداشت ذرت |
|--------------|-------------|--------------------|--------------------|-------------------|
|              | ۰-۳۰        | ۰-۳۰               | ۳۰-۶۰              | ۳۰-۶۰             |
| CT           | ۰/۲۳        | ۰/۴۵               | ۰/۳۴               | ۰/۱۷              |
| PRB          | ۰/۲۳        | ۰/۳۷               | ۰/۳۵               | ۰/۲۱              |
| NT           | ۰/۲۳        | ۰/۶۱               | ۰/۳۳               | ۰/۲۱              |
| JP           | ۰/۲۳        | ۰/۸۰               | ۰/۲۴               | ۰/۱۸              |

مشاهده گردید. کمترین مقدار این پارامتر نیز در تیمار NT مشاهده شد. دلیل این امر فشردگی خاک در تیمار بدون خاک‌ورزی می‌باشد. بیشترین رطوبت اشباع مشاهده شده در تیمار PRB بوده و کمترین مقدار آن در تیمار NT مشاهده گردید. دلیل این امر کاهش منافذ درشت خاک در تیمار بدون خاک‌ورزی (با افزایش چگالی ظاهری) بوده است. رطوبت ظرفیت مزرع‌ای نیز بیشترین مقدار را در تیمار PRB و CT داشته است. در تیمارهای JP و NT مقدار رطوبت ظرفیت مزرع‌ای کمتری مشاهده شد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین تیمارها از نظر جرم مخصوص ظاهری خاک، ظرفیت نگهداری آب، رطوبت اشباع و رطوبت ظرفیت مزرع‌ای در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). جدول ۵ مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری آب، رطوبت اشباع و رطوبت ظرفیت مزرع‌ای خاک متأثر از اعمال روش‌های مختلف خاک‌ورزی در انتهای سال سوم را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این جدول دیده می‌شود بیشترین مقدار آب قابل‌دسترس به ترتیب در تیمارهای PRB، CT و JP





شکل ۲- مقایسه درصد ماده آلی خاک در پایان آزمایش پس از برداشت ذرت تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم (CT)، کاشت روی بسترهای بلند دائمی (BRT)، بدون خاک‌ورزی با دستگاه SFOGGIA (NT) و کاشت با دستگاه بی خاک‌ورزی (JP) در مقایسه با درصد ماده آلی خاک در مقایسه با کاشت گندم در عمق ۳۰-۴۰ سانتی‌متری خاک

سایر روش‌های خاک‌ورزی توسط رادکلیف و همکاران (۱۹۸۸) و لال و همکاران (۱۹۹۴) و الیس و همکاران (۱۹۷۷) نیز گزارش شده است. علت افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک در روش بدون خاک‌ورزی در مقایسه با سایر روش‌های خاک‌ورزی در این اعماق این است که در روش بدون خاک‌ورزی فقط در زمان کاشت لایه سطحی خاک تا عمق قرار گرفتن بذر به کمک شیار بازکن، شکافی ایجاد شده و اعماق پایین‌تر از عمق کاشت فشرده شده و چون خاک اصلاً به هم نمی‌خورد، با تأثیر عوامل آب و هوایی و انقباض و انبساط و حرکت اجزاء خاک، با گذشت زمان، این اجزاء به تدریج فضاهای خالی را پر می‌کنند و به هم نزدیک می‌شوند که در نتیجه جرم مخصوص ظاهری افزایش می‌یابد. در سامانه‌های بدون خاک‌ورزی این روند افزایش جرم مخصوص ظاهری تا قبل از رسیدن به یک تعادل نسبی به تدریج افزایش می‌یابد (حسینی و همکاران ۲۰۱۳).

امینی و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که استفاده از ۳۰ درصد بقایا منجر به حفظ رطوبت خاک، افزایش ماده آلی و افزایش فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌ها می‌گردد. کاوالاریس و جمتوس (۲۰۰۲) نیز وجود بقایا بر سطح خاک را مانعی برای

کمترین مقدار میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار CT مشاهده گردید و بیشترین مقدار این پارامتر به تیمار بدون خاک‌ورزی (NT) اختصاص یافت، به طوری که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای خاک‌ورزی وجود داشت. علت نتایج یادشده را می‌توان در کیفیت خرد کردن لایه‌های خاک توسط ماشین‌های خاک‌ورزی یادشده در این مطالعه جستجو کرد. استفاده گاوآهن برگردان‌دار در خاک‌ورزی متداول باعث برگردان کردن کامل لایه‌های خاک تا عمق ۲۵ سانتیمتر شده و خلل و فرج خاک را تا این عمق افزایش می‌دهد و در نتیجه جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. خاک‌ورزی با دستگاه کاشت در بسترهای بلند دائمی نیز تا حدودی باعث بر هم زدن و نرم کردن لایه سطحی خاک شده که منجر به کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت به تیمارهای JP و NT شده است. در تیمار بدون خاک‌ورزی خاک اصلاً به هم نمی‌خورد. به همین دلیل جرم مخصوص ظاهری آن در مقایسه با خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار بیشتر بود (عظیم زاده و همکاران ۲۰۰۲).

جرم مخصوص ظاهری کمتر در لایه‌های سطحی خاک‌ورزی شده با گاوآهن برگردان‌دار در مقایسه با

بهبود نفوذ آب و پایداری خاکدانه در مقایسه با روش کاشت مرسوم گردد (مکحاق و همکاران، ۲۰۰۹، ورهالست و همکاران ۲۰۱۱). علاوه بر فشردگی خاک، عامل دیگری که بر روی مقدار سطوح رطوبتی خاک و میزان رطوبت خاک در طول فصل مؤثر است، میزان بقایای حفظ شده در سطح خاک می‌باشد (حسینی و همکاران ۲۰۱۳).

رسیدن اشعه خورشید به خاک دانستند که تبخیر آب را کاهش داده و در نتیجه سبب افزایش رطوبت ذخیره شده در خاک می‌گردد. نتایج مختلف همچنین نشان می‌دهد که کاشت روی بسترهای بلند به دلیل بهبود تهویه خاک و ظرفیت آب قابل دسترس همچنین باعث افزایش عملکرد می‌گردد (هولند و همکاران ۲۰۰۷، بیکرو و همکاران ۲۰۰۵). به‌طور کلی کاشت گیاهان زراعی روی بسترهای بلند دائمی می‌تواند به افزایش ظرفیت آب قابل دسترس خاک،

جدول ۴- میانگین مربعات تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک (Db)، ظرفیت نگهداری آب (AW)، رطوبت اشباع ( $\theta_s$ ) و رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (EC) در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری

| منابع تغییر  | درجه آزادی | Db                   | AW                    | $\theta_s$            | FC                    |
|--------------|------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| بلوک         | ۲          | ۰/۰۰۰۴ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۰۰۴ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup> |
| روش خاک‌ورزی | ۳          | ۰/۰۱۰۳ <sup>**</sup> | ۰/۰۰۳۹ <sup>**</sup>  | ۰/۰۰۷۳ <sup>**</sup>  | ۰/۰۰۵۶ <sup>**</sup>  |
| خطا          | ۶          | ۰/۰۰۰۱۴۲             | ۰/۰۰۰۰۳               | ۰/۰۰۰۰۷               | ۰/۰۰۰۰۳               |
| ضریب تغییرات | -          | ۰/۷۸                 | ۳/۴۱                  | ۲/۱۲                  | ۲/۵۹                  |

\*\*معنی‌دار در سطح ۱ درصد آماری، ns معنی‌دار نیست.

جدول ۵- مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک (Db)، ظرفیت نگهداری آب (AW)، رطوبت اشباع ( $\theta_s$ ) و رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (EC) خاک در پایان سال سوم آزمایش ۰-۳۰ سانتی‌متر

| شیوه خاک‌ورزی | Db    | AW     | $\theta_s$ | FC     | PWP     |
|---------------|-------|--------|------------|--------|---------|
| PRB           | ۱/۵۳b | ۰/۲۰۷a | ۰/۴۶۸a     | ۰/۲۶۷a | ۰/۰۶۰a  |
| CT            | ۱/۴۷c | ۰/۱۹۳b | ۰/۴۴۳b     | ۰/۲۴۵b | ۰/۰۵۳ab |
| JP            | ۱/۵۴b | ۰/۱۶۳c | ۰/۴۰۷c     | ۰/۲۰۳c | ۰/۰۴۳b  |
| NT            | ۱/۶۰a | ۰/۱۴۳d | ۰/۳۸۳d     | ۰/۱۹۳c | ۰/۰۴۷b  |

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌دار باهم ندارند (LSD=0.05).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گندم در تیمار کاشت روی پشته بود که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۳). کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمارهای بی‌خاک‌ورزی بود. بین دو تیمار بی‌خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. میزان عملکرد دانه در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی، بدون خاک‌ورزی با دستگاه SFOGGIA و کاشت با دستگاه بی‌خاک‌ورز Jab Planter به‌ترتیب ۴۴۲/۲، ۵۱۸/۶ و ۳۷۶/۲ و ۲۵۴/۷ گرم در مترمربع بود.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در مورد گندم نشان داد که تأثیر روش خاک‌ورزی بر عملکرد دانه گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در کلزا نشان داد که تأثیر روش خاک‌ورزی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار بود (جدول ۵). بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های ذرت (جدول ۵)، اثر روش خاک‌ورزی بر عملکرد علوفه تر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود.

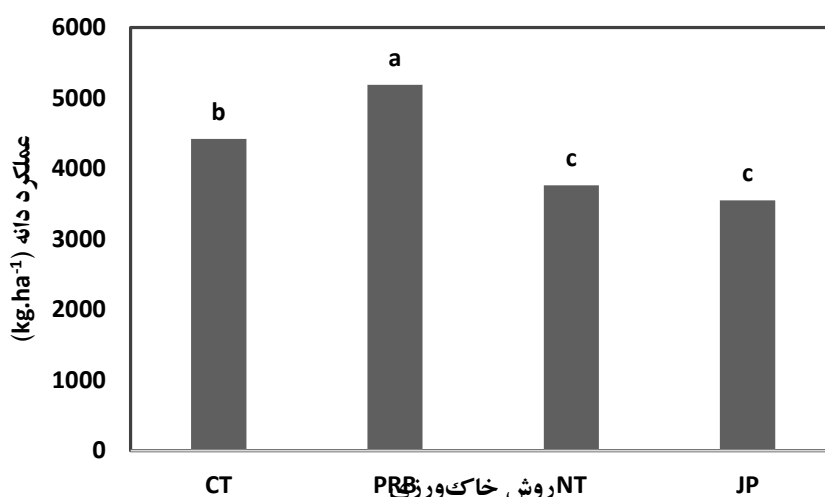
جدول ۵- میانگین مربعات تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد دانه گندم و کلزا و عملکرد علوفه تر ذرت

| منابع تغییر     | درجه آزادی | عملکرد دانه گندم | عملکرد دانه کلزا     | عملکرد علوفه تر ذرت    |
|-----------------|------------|------------------|----------------------|------------------------|
| بلوک            | ۲          | ۲۳۸۴/۴۶*         | ۱۲۷/۹۸ <sup>ns</sup> | ۲۸۷۰/۱۷۷ <sup>ns</sup> |
| روش خاک‌ورزی    | ۳          | ۱۶۳۷۴/۲۱**       | ۸۲۴۸/۹۵**            | ۲۷۰۰۸۸۸/۳۲*            |
| خطا             | ۶          | ۳۶۵/۴۷           | ۳۴۷/۷۸               | ۵۴۸۸۹۷/۲۸              |
| ضریب تغییرات(%) | -          | ۴/۵۲             | ۹/۰۲                 | ۱۱/۵۶                  |

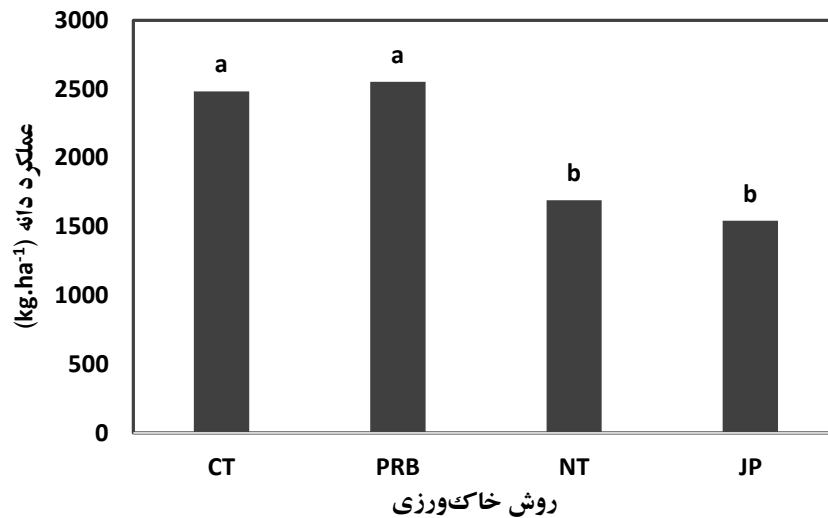
\*و\*\*به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد آماری، ns معنی‌دار نیست.

دستگاه بی‌خاک‌ورز Jab Planter به ترتیب ۲۴۸/۳، ۲۵۵/۳، ۱۶۹/۳ و ۱۵۴/۲ گرم در مترمربع بود (شکل ۴). روند تغییرات عملکرد علوفه تر ذرت در شکل ۵ نشان داده شده است. بیشترین و کمترین میزان عملکرد علوفه تر به ترتیب مربوط به تیمار کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی و کشت مرسوم بود. میزان عملکرد علوفه تر در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی، بدون خاک‌ورزی (NT) و کاشت با دستگاه بی‌خاک‌ورز Jab Planter به ترتیب ۵۰۱۵/۶، ۷۱۰۲/۱، ۶۸۸۷/۵، ۶۶۳۲/۵ گرم در متر مربع بود (شکل ۵).

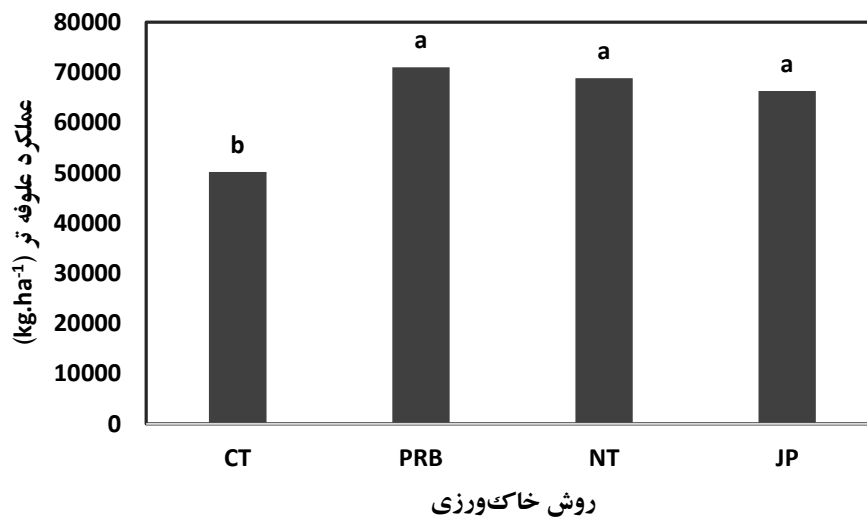
عملکرد دانه کلزا بین روش‌های کشت به طور معنی‌داری متفاوت بود (شکل ۴). تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و کاشت بر روی پشته‌های دائمی بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر دارای عملکرد دانه بالاتری بودند. کمترین عملکرد دانه نیز از تیمار کاشت با دستگاه بی‌خاک‌ورز Jab Planter به دست آمد، که البته با تیمار بدون خاک‌ورزی با دستگاه SFOGGIA تفاوت معنی‌داری نداشت. میزان عملکرد دانه کلزا در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی، بدون خاک‌ورزی با دستگاه SFOGGIA و کاشت با



شکل ۳- مقایسه عملکرد دانه گندم رقم برزگر در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم (CT)، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی (PRB)، بدون خاک‌ورزی با دستگاه SFOGGIA (NT) و کاشت با دستگاه بی‌خاک‌ورز (JP). ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل ۴- مقایسه عملکرد دانه کلزا رقم نیتون در تیمارهای خاک ورزی مرسوم (CT)، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی (PRB)، بدون خاکورزی با دستگاه SFOGGIA (NT) و کاشت با دستگاه بی خاکورز Jab Planter (JP). ستون های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با هم تفاوت معنی دار ندارند.



شکل ۵- مقایسه عملکرد علوفه تر ذرت، رقم SC704 در تیمارهای خاک ورزی مرسوم (CT)، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی (PRB)، بی خاکورزی (NT) و کاشت با دستگاه بی خاکورز Jab Planter (JP). ستون های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با هم تفاوت معنی دار ندارند.

کاشت با دستگاه بی خاکورز (JP) افزایش یافت، این درحالی بود که درصد ماده آلی خاک در این عمق در تیمارهای خاکورزی مرسوم (CT) ۰/۴۹ بود، بنابراین کاربرد روش های خاکورزی حفاظتی و حفظ بقایا در مزرعه می تواند به بهبود ماده آلی خاک کمک نماید. میانگین جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت نگهداری

#### نتیجه گیری

میانگین میزان ماده آلی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک از ۰/۲۳ درصد قبل از کاشت گندم به ۰/۵۳، ۰/۶۷ و ۰/۴۸ درصد بعد از برداشت ذرت به ترتیب در تیمارهای حفاظتی کاشت روی بسترهای بلند دائمی (PRB)، بی خاکورزی با دستگاه SFOGGIA (NT) و

خاک‌ورز Jab Planter به دست آمد. بیشترین وزن تر علوفه ذرت در تیمار کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی بدست آمد که از نظر آماری با تیمار بی خاک‌ورزی کاشت با دستگاه SFOGGIA و Jab Planter تفاوت معنی‌دار نداشت. وزن تر علوفه ذرت در تیمار خاک‌ورزی مرسوم کمتر از تیمار کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی بود. با توجه به شرایط آزمایش، بهترین روش کاشت حفاظتی، کاشت بر روی بسترهای بلند دائمی با توجه به عملکرد بیشتر بود. در نهایت نتایج بیانگر آن است که اگرچه روش خاک‌ورزی مرسوم و کشت گیاهان زراعی به‌صورت فشرده باعث افزایش تولید در کوتاه‌مدت می‌گردد، ولی این روش به دلیل فرسایش بادی و آبی، تخریب ساختمان خاک، کاهش ماده آلی خاک، مصرف آب زیاد بایستی با روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی جایگزین گردد.

#### سپاسگزاری

این تحقیق بخشی از همکاری مشترک سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و مرکز بین‌المللی ایکاردا (۲۰۲۰-۲۰۱۸) می‌باشد و قسمتی از اعتبار آن توسط این مرکز بین‌المللی تامین شده است. بدین‌وسیله از آقای دکتر صادقان مسئول وقت دفتر ایکاردا در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تشکر می‌گردد.

آب، رطوبت اشیاع و رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای خاک به‌شدت متأثر از اعمال روش‌های مختلف خاک‌ورزی و همچنین نوع دستگاه‌های مورد استفاده در خاک‌ورزی می‌باشد و تغییرات این پارامترها معنی‌دار بود. بیشترین مقدار آب قابل‌دسترس به ترتیب در تیمارهای CT، PRB و JP مشاهده گردید و کمترین مقدار این پارامتر نیز در تیمار NT مشاهده شد که دلیل این امر فشردگی خاک در تیمار بدون خاک‌ورزی می‌تواند می‌باشد. کمترین مقدار میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار خاک‌ورزی مرسوم مشاهده گردید و بیشترین مقدار این پارامتر به تیمار بدون خاک‌ورزی (NT) دیده شد، به‌طوری‌که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای خاک‌ورزی وجود داشت و علت آن در خرد کردن لایه‌های خاک توسط ماشین‌های خاک‌ورزی در شیوه خاک‌ورزی رایج و افزایش تخلخل خاک سطحی می‌باشد. همچنین در بررسی عملکرد گندم، کلزا و ذرت در روش‌های خاک‌ورزی متفاوت، نتایج تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر میزان عملکرد دانه گندم نشان داد. عملکرد دانه گندم در تیمار بسترهای بلند دائمی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. کمترین میزان عملکرد دانه گندم مربوط به تیمارهای بی‌خاک‌ورزی بود. بیشترین عملکرد دانه در کلزا بدون اختلاف معنی‌دار در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و کاشت بر روی پشته‌های دائمی بدست آمد. کمترین عملکرد دانه کلزا نیز از تیمار کاشت با دستگاه بی

#### منابع مورد استفاده

- Alvarez R and Steinbach HS. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research*, 104: 1-15. doi:10.1016/j.still.2009.02.005
- Amini A, Rajaie M and Farsinezhad K. 2014. Effects of different plant residue under different tillage practices on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant ecophysiology*, 6(16): 27-37. (In Persian). dor:20.1001.1.20085958.1393.6.16.3.8
- Ankeny MD, Kaspar TC and Prieksat MA. 1995. Traffic effect on water infiltration in chisel plow and no tillage system. *Soil Science Society of America Journal*, 59: 200-204. doi:10.2136/sssaj1995.03615995005900010030x
- Asadi ME and Faghani M. 2021. New system of cultivation on permanent raised beds. Nowruz publications. 116 pages. (In Persian).

- Asoudar MA, Zolghi F and Shahrestani SA. 2017. Principles of plant residue management, tillage and rotation in conservation agriculture. Publication of agricultural education. No. 51762. (In Persian).
- Azim Zadeh S, Kuchaki A and Pala M. 2002. Study on the effect of plow different methods on bulk density, porosity, soil moisture and wheat yield. *Iranian Journal of Crop Science*, 4: 218-233. doi:20.1001.1.23222050.1388.16.4.5.6
- Bakker DM, Hamilton GJ, Houlbrooke DJ and Spann C. 2005. The effect of raised beds on soil structure, waterlogging, and productivity on duplex soils in Western Australia. *Australian Journal of Soil Research*, 43: 575-585. doi: 10.1071/SR03118
- Beare MH, Cabrera ML, Hendrix PF and Coleman DC. 1994. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 787– 795. Doi: doi:10.2136/sssaj1994.03615995005800030021x
- Cassel CW, Raczkowski DK and Denton HP. 1995. Tillage effects on corn production and soil physical conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 59: 1436-1443. doi:10.2136/sssaj1995.03615995005900050033x
- Chassot A, Stamp P and Richner W. 2001. Root distribution and morphology of maize seedling as affected by tillage and fertilizer placement. *Plant and Soil*, 231: 123–135. doi:10.1023/A:1010335229111
- Cavalari CK and Gemtos TA. 2002. Evaluation of four conservation tillage methods in the sugar beet crop. *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development Manuscript LW 01, 008*, 6: 1-24.
- De Vita P, Di Paolo E, Fecondo G, Di Fonzo N and Pisante M. 2007. Notillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research*, 92: 69-78. doi:10.1016/j.still.2006.01.012
- Dolan MS, Dowdy RH, Voorhees WB, Johnson JF and Bidwellschradar AM. 1992. Corn phosphorus and potassium uptake in response to soil compaction. *Agronomy Journal*, 84: 639-642. doi:10.2134/agronj1992.00021962008400040021x
- Ellis FB, Elliot JGE, Barnes BT and Howse KR. 1977. Comparison of direct drilling reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. *The Journal of Agricultural Science*, 89: 631-642. doi:10.1017/S0021859600061414
- Hajabbasi MA and Hemmat A. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 56: 205-212. doi:10.1016/S0167-1987(00)00140-9
- Halvorson AD, Black AL, Krupinsky JM, Merrill SD, Wienhold BG and Tanaka DL. 2000. Spring wheat response to tillage and nitrogen fertilization in rotation with sunflower and winter wheat. *Agronomy Journal*, 92: 136-144. doi:10.2134/agronj2000.921136x
- Hammel JE. 1995. Long-term tillage and crop rotation effects on winter production in northern Idaho. *Agronomy Journal*, 87: 16-22. doi:10.2134/agronj1995.00021962008700010004x
- Hasheminejhad Y. 2016. Minimizing N fertilizer application of wheat fields under saline conditions using LCC technique. Final report, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, No. 50622. (In Persian).
- Heidari A. 2004. The effects of crop residue management and tillage depth on wheat yield and soil organic matter in corn-wheat rotation. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 5(19): 81-94. (In Persian). doi:10.22059/ijswr.2020.305809.668666
- Hemmat A and Taki O. 2001. Grain yield of irrigated winter wheat as affected by stubble-tillage management and seeding rates in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 63: 58-64. doi:10.1016/S0167-1987(01)00236-7

- Holland JE, White RE and Edis R. 2007. The relation between soil structure and solute transport under raised bed cropping and conventional cultivation in south-western Victoria. *Australian Journal of Soil Research*, 45: 577-585. doi:10.1071/SR07068
- Hooshmandi, H., Mirzavand, J., Zare, M. 2021. Effect of Tillage Practices and Nitrogen Rates on Nitrogen Use Efficiency and Nitrogen Nutrition Index of Wheat in a Calcareous Soil (Case Study: Zarghan Region, Fars Province). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(1), 239-257. (In Persian). doi:10.22034/saps.2021.12811
- Hosseini M, Movahedi Naeini SA and Shamsabadi H. 2013. Effects of different tillage methods on soil bulk density, yield, and yield components of rain-fed wheat. *Iranian journal of soil research*. 27(4): 509-519. (In Persian). doi:10.22092/ijsr.2014.126291
- Lal R, Mahboubi AA and Fausey NR. 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Science Society of America Journal*, 58(2): 517-522. doi:10.2136/sssaj1994.03615995005800020038x
- McHugh AD, Tullberg JN and Freebairn DM. 2009. Controlled traffic farming restores soil structure. *Soil and Tillage Research*, 104: 164-172. doi:10.1016/j.still.2008.10.010
- Mc-Vay KA, Buddea JA, Fabrizia K, Mikhab M, Ricea CW, Schlegelc AJ, Petersona DE, Sweeneyd DW and Thompson C. 2006. Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas. *Soil Science*, 70: 434-438. doi:10.2136/sssaj2005.0249
- Madarasz B, Juhos K, Ruzkiczay-Rüdiger Z and Benke S. 2016. Conservation tillage vs. conventional tillage: Long-term effects on yields in continental, sub-humid Central Europe, Hungary. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 14: 408–427. doi:10.1080/14735903.2016.1150022
- Mahboubi AA, Lal R and Favsey NR. 1993. Twenty-eight years of tillage effect on two soils in Ohio. *Soil Science*, 57: 506-512. doi:10.2136/sssaj1993.03615995005700020034x
- Manlay RJ, Feller C and Swift MJ. 2007. Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119: 217–233. doi:10.1016/j.agee.2006.07.011
- Osunbitan J and Oyedele A. 2005. Tillage effects on bulk density, hydraulic conductivity and strength of a loamy sand soil in southwestern Nigeria. *Soil and Tillage Research*, 82: 57-64. doi:10.1016/j.still.2004.05.007
- Ossible M, Crookston RK and Larson WE. 1992. Sub surface compaction reduces the root and shoot growth and gain yield of wheat. *Agronomy Journal*, 84: 34 -38. doi: 10.2134/agronj1992.00021962008400010008x
- Radcliffe DE, Tollner EW, Hargrove WL, Clark RL and Golabi MH. 1988. Effect of tillage practices on infiltration and soil strength of a typic hapludult soil after ten years. *Soil Science Society of America Journal*, 52: 798-804. doi:10.2136/sssaj1988.03615995005200030036x
- So HB, Grabski A and Desborough P. 2009. The impact of 14 years conventional and no-till cultivation on the physical properties and crop yield of a loam soil at Grafton NSW, Australia. *Soil and Tillage Research*, 104: 180-184. doi:10.1016/j.still.2008.10.017
- Van Ouwerkerk C and Boone FR. 1970. Soil physical aspects of zero-tillage experiments. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 18: 247–261. doi:10.18174/njas.v18i4.17330
- Verhulst N, Kienle F, Sayre KD, Deckers J, Raes D, Limon-Ortega A, Tijerina-Chavez L and Govaerts B. 2011. Soil quality as affected by tillage-residue management in a wheat/maize irrigated bed planting system. *Plant and Soil*, 340: 453-466. doi:10.1007/s11104-010-0618-5
- Wilhelm WW, Bouzerzour H and Power JF. 1989. Soil disturbance residue management effect on winter wheat growth and yield. *Agronomy Journal*, 81: 581-588. doi: 10.2134/agronj1989.00021962008100040007x