Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 14, No. 2, Summer 2022, p. 205-217

Effect of Different Tillage Methods and Management of Plant Residues on Agronomy Traits of Wheat and Organic Carbon and Nitrogen of Soil in a Three-years Crop Rotation

A. Khalili Torghabeh[1] A. Koocheki[2*], A. Zare Feizabadi[3] and M. Nassiri Mahallati[2]

Received: 24-08-2019
Revised: 10-01-2020
Accepted: 15-06-2020
Available Online: 14-09-2022

How to cite this article:
Khalili Torghabe, A., Koocheki, A., Zare Feizabadi, A., and Nassiri Mahallati, M., 2022. Effect of different tillage methods and management of plant residues on agronomy traits of wheat and organic carbon and nitrogen of soil. Journal of Agroecology 14(2):205-217
DOI: 10.22067/JAG.V16I4.82603

Introduction

Conventional tillage methods increase energy costs and lead to the destruction and reduction of water and soil resources, and for a long time, have an adverse effect on soil properties and cause the formation of hard layers. Repeated tillage and deep plowing cause a quick release of carbon dioxide, causing soil and greenhouse effects and, in the long run, undesirable effects on soil characteristics. Compared with conventional tillage, protective tillage reduces the number of agricultural operations, which has many benefits. So that the loss of moisture and destruction of the soil structure would be reduced. Furthermore, the oxidation of organic residues of plants is reduced. Research has shown that the maintenance of a part of the previous crop residues on the surface of soil and the presence of superfluous roots of arable crops in the soil at a rate of two-thirds, reduce the amount of soil compaction in compared with uncoated and unpolluted land. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of different tillage methods and plant residue management on wheat and organic carbon of soil in Mashhad weather conditions.

Materials and Methods

This research was carried out as a three-year experiment with wheat –rapeseed - wheat rotation as split plots in a randomized complete block design with three replications. In this design, different tillage methods were considered as the main plot and management of plant residues as a subplot. Tillage methods consist of three levels: conventional tillage (plowing + discing + leveling + farrowing + planting with seeding machine), low tillage (light discing + farrowing + planting with seeding machine), and no tillage (direct sowing with seeding machine). Also, the management of plant residues includes three levels: no residues, 30 percent of plant residues, and 60 percent of the previous crop residues. Characteristics of heading and maturity dates, wheat yield and yield components, and soil organic carbon content were investigated.

Results and Discussion

The results showed that the longest time for the occurrence of heading and maturity was observed in conventional tillage treatment. So that, it was only in this treatment the heading and maturity stages occurred on dates more than 170 and 202 days after sowing, respectively. Treatment of no residues with 168.22 days after the sowing date had the most extended date of heading. No-tillage treatment significantly decreased the number of spikes per square meter and 1000-seeds weight. However, there was no significant difference between the levels

1- Ph.D. Student, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2-Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3- Associate Professor of Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Mashhad, Iran.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

of plant residues in no-tillage treatment. No-tillage significantly reduced the grain yield of wheat. Though in no-tillage conditions and 30 percent of plant residues, grain yield was significantly higher than 60 percent, and no residues were in the same tillage conditions. The highest grain and biological yields were observed in conventional tillage treatments and in 30 and 60 percent of plant residues. Conventional tillage significantly reduced the soil's organic carbon content. Low tillage treatment at 30 and 60 percent of plant residues observed the highest organic carbon and nitrogen.

Conclusion

Although wheat's grain and biological yield in conventional tillage treatments were more than low tillage and no-tillage, low tillage improved the organic carbon content of the soil, and this phenomenon can have a positive effect on plant yield in the long run. Therefore, preservation of 30 percent of rapeseed residues with low tillage in wheat - rapeseed - wheat is recommended.

Keywords: Low tillage, No-tillage, Rapeseed residues, Rotation

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر خصوصیات زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) و تغییرات کربن آلی و نیتروژن خاک در تناوب زراعی سه ساله

ابوالقاسم خلیلی طرقبه[1]، علیرضا کوچکی[2]*، احمد زارع فیض‌آبادی[3] و مهدی نصیری محلاتی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۰۲
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۰۳/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۳

خلیلی طرقبه، ا.، کوچکی، ع.، زارع فیض‌آبادی، ا.، و نصیری محلاتی، م.، ۱۴۰۱. بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر خصوصیات زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) و تغییرات کربن آلی و نیتروژن خاک در تناوب زراعی سه ساله. بوم شناسی کشاورزی ۱۴(۲):۲۱۷-۲۰۵.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر روش‌های مختلف خاکورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر خصوصیات زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.)، آزمایشی سه ساله با سیستم تناوبی گندم-کلزا (*Brassica napus* L.)-گندم، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۲ طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سیستم‌های مختلف خاکورزی به‌عنوان کرت اصلی در سه سطح شیوه متداول خاکورزی (شخم + دیسک + تسطیح + ایجاد فارو + کاشت با بذر کار)، کم خاکورزی (چیزل پکر یا دیسک سبک + ایجاد فارو + کاشت با بذرکار) و بدون خاکورزی (کاشت مستقیم با بذرکار) و مدیریت بقایای گیاهی شامل سه سطح: بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایای به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. صفات مورد بررسی شامل عملکرد و اجزای عملکرد گندم، تاریخ سنبله‌دهی و رسیدگی و میزان نیتروژن و کربن آلی خاک بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه به‌ترتیب معادل ۷/۱ تن در هکتار، ۱۵/۹ تن در هکتار و ۳۷/۲ گرم، در تیمار خاکورزی متداول با ۳۰ و ۶۰ درصد بقایای گیاهی مشاهده شد. بیشترین میزان نیتروژن و کربن آلی خاک نیز به‌ترتیب ۰/۰۹۱ و ۰/۷۲ در تیمار کم‌خاکورزی با ۳۰ و ۶۰ درصد بقایای گیاهی گزارش شد. بر اساس نتایج، اگرچه میزان عملکرد گندم در تیمار خاکورزی متداول بیش از خاکورزی‌های کاهش یافته بود، لکن باید توجه داشت که خاکورزی حداقل سبب بهبود میزان کربن آلی و نیتروژن خاک می‌گردد که این امر می‌تواند در بلندمدت اثرات مثبتی بر عملکرد گیاه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بی‌خاکورزی، بقایای کلزا، شخم کاهش‌یافته

مقدمه

امروزه رویکرد کشاورزی به‌سمت کشاورزی پایداردر تولید محصولات است. در این نوع کشاورزی علاوه‌بر منافع اقتصادی به حفظ و صیانت از منابع تولید از قبیل آب، خاک و محیط زیست توجه

۱- دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳- دانشیار مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/JAG.V16I4.82603

ویژه‌ای می شود (Imaz et al., 2010; Castellini & Ventrella, 2012). خاکورزی رایج با ماشین‌آلات سنگین کشاورزی، عدم رعایت تناوب زراعی منا سب، عدم م صرف کودهای آلی و بالاخره سوزاندن بقایای گیاهی به‌خصوص در بلندمدت باعث کاهش نفوذپذیری خاک، تخریب ساختمان خاک و افزایش رواناب و نهایتاً فرسایش خاک می‌شود (Ayeneh Band, 2005). تأمین نهاده‌ها و در عین حال، کاربرد منا سب نهاده‌ها و ادوات زراعی جهت پایین آوردن هزینه‌های تولید، برای کشاورزان بسیار حائز اهمیت است. در این رابطه، استفاده بهینه از خاک به‌عنوان مهم‌ترین تأمین‌کننده منابع غذائی می‌تواند بهره‌وری نهاده‌ها در تولیدات زراعی را افزایش دهد (Sadegh Nezhad & Eslami, 2006). روش‌های مرسوم خاکورزی با افزایش هزینه‌های انرژی، موجبات تخریب و افت منابع آب و خاک را فراهم می‌کنند و در درازمدت بر ویژگی‌های خاک اثر نامطلوب می‌گذارند و سبب تشکیل لایه‌های سخت می‌گردند (Castellini & Ventrella, 2012; Imaz et al., 2010). خاکورزی حفاظتی یکی از مهم‌ترین راهکارهای نیل به کشاورزی پایدار است که در آن علاوه‌بر کاهش شدت خاکورزی حداقل ۳۰ درصد زمین در زمان کاشت گیاه، پوشیده از بقایای گیاهی می‌باشد (Sainju et al., 2006; Imaz et al., 2010). باقی نگه دا شتن بقایای گیاهی در سطح خاک جهت فراهم آوردن محیطی منا سب برای د ستیابی به اهدافی همچون نفوذ آب در خاک، کاهش تبخیر از سطح خاک، ایجاد ساختمان منا سب و به دام انداختن برف در سطح مزرعه جهت ذخیره آب مخ صو صاً در مناطق دیم می‌تواند بسیار مؤثر باشد (Younesi Al-Mawati et al., 2015). بقایای گیاهی روی سطح زمین، تبخیر رطوبت و سله بستن سطح خاک را محدود کرده و نفوذپذیری را افزایش و فرسایش را کاهش می‌دهند (Alvarez & Steinbach, 2009). همچنین تحقیقات نشان داده‌اند که باقی‌ماندن بخشی از بقایای گیاه زراعی قبلی در سطح خاک در مقایسه با زمین بدون پوشش و عاری از بقایا، فشردگی خاک را کاهش می‌دهند (Karlen et al., 1994).

یکی دیگر از اقدامات مورد توجه در کشاورزی پایدار، توجه به مقولهٔ تناوب زراعی است. تناوب زراعی مناسب، از طریق تداوم پوشش گیاهی خاک، کارآیی بیشتر مصرف آب، حفظ عناصر غذایی خاک، افزایش مواد آلی خاک و ثبات خاکدانه‌ها، کاهش آفات و بیماری‌ها و کنترل بهتر علف‌های هرز باعث افزایش کارایی تولید و عملکرد می‌گردد (Ayeneh Band, 2005). تناوب زراعی با ایجاد تنوع در بوم نظام‌های زراعی، موجب وابستگی بیشتر این بوم‌نظام‌ها به منابع درونی و تجدیدپذیر شده و پایداری آن‌ها را افزایش می‌دهد. چنین نظامی شرایط بهینه‌ای را برای مدیریت آفات، چرخش عناصر غذایی، استفاده از منابع و افزایش تولید فراهم آورده و در عین حال، مخاطره‌پذیری نظام و وقوع تلفات در آن به حداقل می‌رسد (Crookston et al., 1991). نوع گیاهان کشت شده در سال‌های قبل می‌تواند از طریق ایجاد شرایط متفاوت در خاک، (فراهمی نیتروژن، ماده آلی و حجم آب قابل دسترس) موجب بهبود عملکرد گیاه بعدی شود (Koocheki et al., 2004; Miller et al., 2002). به عبارت دیگر، برای مدیریت هر چه بهتر بقایای گیاهی، سیستم خاکورزی تناوبی هم‌زمان با تناوب منا سب محصول به‌عنوان یک راه حل مطلوب مطرح شده است (Sadegh Nezhad, 2013).در همین راستا، اصغری میدانی و همکاران (Asghari Meydani et al., 2012) در م طالعات خود به بررسی اثر روش های مختلف خاکورزی بر عملکرد گندم دیم و مقدار رطوبت و وزن مخصوص ظاهری خاک در تناوب آیش-گندم در شرایط آب و هوایی مراغه پرداختند. نتایج آزمایش آن‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گندم (۱/۴۵ تن در هکتار) مربوط به تیمار مخلوط کردن کاه وکلش با خاک و شخم با گاوآهن قلمی در پاییز همراه با پنجه غازی در بهار و کاشت با ماشین خطی‌کار بود. باساری و سالاکو (Busari & Salako, 2013) در گزارش های خود اعلام کرد ند که عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط شخم حداقل، نسبت به شخم کامل، از ثبات بیشتری برخوردار است و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی واقع می‌شود. در تحقیقی دیگر، صفری و همکاران (Safari et al., 2012)، با بررسی تأثیر حفظ بقایا و روش‌های مختلف خاکورزی حفاظتی بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم اعلام کردند که استفاده از سیستم کم خاکورزی (یک نوبت دیسک و ماشین کاشت) و بدون خاکورزی با توجه به حفظ بقایا در سطح خاک و تأثیر معنی‌دار بر افزایش ذخیره رطوبت خاک، می‌تواند روش مناسبی جهت مدیریت بقایا باشد. نتایج تحقیقات انجام گرفته در شرایط آب و هوایی ایالت کنتاکی آمریکا، حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار برای عملکرد گندم در روش خاکورزی متداول و بی‌خاکورزی و در عین‌حال، حفظ بهتر خصوصیات فیزیکی خاک در روش بی‌خاکورزی بود (Herbeck & Murdock, 2009). در ایران عملیات خاکورزی گندم آبی عمدتاً توسط گاوآهن برگردان‌دار انجام می‌گیرد (Younesi al-Mawati et

al., 2015). بدیهی است هرگونه تلاش در جهت ایجاد ثبات و پایداری تولید گندم در واحد سطح یا کاهش هزینه‌های تولید با انجام کشاورزی حفاظتی نقش مهمی را در اقتصاد کشاورزی کشور ایفا خواهد کرد. از این‌رو، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف خاکورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط آب و هوایی مشهد انجام شد.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش: این پژوهش سه ساله، طی سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد، واقع در طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب ۵۹ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی ارتفاع آن از سطح دریا ۹۸۵ متر اجرا گردید. آب و هوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، نیمه خشک است. وزن مخصوص ظاهری خاک محل آزمایش نیز در محدوده ۱/۶۲ تا ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود نتایج سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در سال اول
Table 1- Traits of soil in experiment location

بافت Texture	عمق Depth (cm)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($g.cm^{-3}$)	رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی دائم Volumetric water in wilting point(%)	رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی Volumetric water in field capacity (%)	نیتروژن کل Total N ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب Available P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب Available K ($mg.kg^{-1}$)
لوم سیلتی رسی Silty clay loam	0-30	1.64	8.5	21.5	555	10.31	167.11

روش اجرای آزمایش: سیستم تناوبی در این آزمایش شامل گندم-کلزا-گندم بود. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار به اجرا در آمد که در آن شیوه‌های مختلف خاکورزی به‌عنوان کرت اصلی و مدیریت بقایای گیاهی به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. روش‌های خاکورزی شامل سه سطح شیوه متداول خاکورزی (شخم + دیسک + تسطیح + ایجاد فارو + کاشت با بذر کار)، کم خاکورزی (چیزل پکر یا دیسک سبک + ایجاد فارو + کاشت با بذرکار) و بدون خاکورزی (کاشت مستقیم با بذرکار) و مدیریت بقایای گیاهی نیز شامل سه سطح بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایای محصول قبل بودند. با توجه به‌میزان عملکرد کاه و کلش گیاه زراعی قبلی، میزان ۱۰۰ در صد بقایا در سال اول به‌جهت یکنواختی و اعمال تیمارها، پنج تن در هکتار کاه کلش در نظر گرفته شده است که بر این اساس، میزان بقایا در سطوح ۳۰ و ۶۰ درصد بقایای گیاهی نیز محاسبه گردید.

مقادیر متناسب با اعمال تیمارهای میزان بقایا، به‌صورت ایستاده و پخش شده حفظ گردید. بدین ترتیب که از هر یک از کرت‌های اصلی، پنج نمونه‌برداری با استفاده کوادرات‌های یک مترمربعی انجام شد و مقدار بقایا تعیین گردید. سپس برای تیمارهای مورد مطالعه، بقایای اضافی از کرت‌های فرعی حذف شدند. در روش کشت مستقیم، بدون هیچ گونه عملیات خاکورزی، با یک‌نوبت حرکت مستقیم بذرکار، عملیات کشت در بقایای محصول قبل اجرا شد.

گندم به‌عنوان محصول اول تناوب، در تاریخ دهم آبان ماه ۱۳۹۲ کشت گردید و برداشت آن در دهم تیرماه سال ۱۳۹۳ صورت پذیرفت. کشت گندم در سال ۱۳۹۲ به‌روش متداول و جهت انجام تیمارهای بقایا کشت گردید و عملکرد تولید اندازه‌گیری شد. کشت کلزا در بیستم مهرماه ۱۳۹۳ انجام شد و در پنجم خردادماه سال ۱۳۹۴ برداشت گردید. در دهم آبان ماه ۱۳۹۴ نیز مجدداً گندم کشت شد و در هشتم تیرماه سال ۱۳۹۵، برداشت آن صورت گرفت.

برای افزایش حاصلخیزی خاک، بر اساس نتایج حاصل از آنالیز خاک، طبق توصیه آزمایشگاه خاک، میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل قبل از آخرین عملیات خاکورزی در زراعت اول گندم استفاده شد. همچنین میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (K_2O) از منبع سولفات پتاسیم در زراعت کلزا مصرف شد. در زراعت گندم بعد از کلزا نیز میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر

سوپرفسفات تریپل مورد استفاده قرار گرفت. در تیمار بی‌خاکورزی جهت قرارگیری کاه و کلش در سطح خاک از یک دستگاه خطی کار عمیق کار استفاده گردید.

ارقام مورد استفاده در این تحقیق برای هر یک ازگیاهان گندم، کلزا و گندم به‌ترتیب پارسی، هایولا و پارسی بودند که از بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات مشهد تهیه شدند و تراکم‌های ۴۵۰، ۶۰ و ۴۵۰ بوته در مترمربع در کاشته شدند. مساحت هر کرت ۳۶۰ مترمربع (۱۲×۳۰) و در سه تکرار در نظر گرفته شد. نوع خاکورزی و میزان بقایا در کرت‌های اصلی و فرعی در طول مدت آزمایش ثابت بودند. برای آبیاری از سیستم آبیاری تحت فشار با استفاده از لوله‌های نواری تیپ استفاده شد و در فواصل چهار یا هفت روزه (بسته به نیاز آبی) صورت پذیرفت. برای کنترل علف‌های هرز در گندم از علف‌کش تو-فور-دی به‌میزان ۱/۵ کیلوگرم در هکتار و برای کنترل علف‌های هرز در کلزا از دو علف‌کش ترفلان (قبل از کاشت) و سوپرگالانت (پس از سبز شدن) به‌ترتیب به‌میزان دو لیتر و ۱/۵ کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

در طول فصل رشد، تاریخ سنبله‌دهی (ظهور ۵۰ درصد سنبله‌ها در هر کرت) و زمان رسیدگی فیزیولوژیک بذر (شاخصه آن زرد شدن پدانکل (محور زیر سنبله) است) برای هر یک از کرت‌های آزمایشی ثبت گردید. همچنین در انتهای فصل رشد، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت جمع‌آوری و پس از انتقال آن‌ها به آزمایشگاه، وزن هزار دانه آن‌ها برای هر تیمار اندازه‌گیری شد. تعداد سنبله در مترمربع نیز در سه کوادرات دو مترمربعی (جمعاً شش مترمربع) از هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری گردید. در نیمه پایینی هر کرت که به ارزیابی عملکرد اختصاص یافته بود، بوته‌ها پس از حذف یک متر طولی حاشیه از اطراف کرت (مساحت ۲۸۰ مترمربع) توسط دستگاه برداشت شده و عملکرد دانه و بیولوژیک (قرار دادن نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد آون، به‌مدت ۷۲ ساعت) به‌تفکیک اندازه‌گیری گردید و از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت محاسبه شد. درصد نیتروژن و کربن آلی خاک نیز به‌ترتیب به روش‌های هضم تر (با استفاده از کجلدال) و تیترا سیون برآورد گردید (Abdi Benemar et al., 2018; Sims, 1996).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسات میانگین از طریق آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

تاریخ سنبله‌دهی

درطی دوره رشد، ظهور ۵۰ درصد سنبله‌دهی در هر کرت به‌عنوان تاریخ سنبله‌دهی آن در نظر گرفته شد، به‌طوری‌که تعداد روز از کاشت تا وقوع این مرحله محاسبه و به‌عنوان تاریخ سنبله‌دهی مورد تجزیه قرار گرفت.

اثر متقابل تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر تاریخ سنبله‌دهی نداشت و این صفت صرفاً تحت تأثیر اثرات ساده هر یک از تیمارها قرار گرفت (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر ساده تیمار خاکورزی نشان داد که بیشترین زمان برای وقوع سنبله‌دهی در تاریخ بیش از ۱۷۰ روز پس از کاشت در تیمار خاکورزی متداول رخ داد (جدول ۳). در تیمارهای کم خاکورزی و بدون خاکورزی، تاریخ سنبله‌دهی به‌ترتیب ۴/۸۹ و ۷ روز زودتر (به‌ترتیب ۱۶۶و ۱۶۳/۸۹ روز پس از کاشت) از تیمار خاکورزی متداول رخ داد. به نظر می‌رسد که خاکورزی رایج باعث افزایش میزان تخلخل در لایه‌های سطحی خاک گشته و از این طریق، وزن مخصوص ظاهری خاک را کاهش داده است (Shabahang, 2015)، لذا این امر سبب توسعه بهتر ریشه‌های افشان گندم و جذب بهتر مواد غذایی و نهایتاً طولانی‌تر شدن مرحله رویشی و به تعویق افتادن سنبله‌دهی گندم شده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس همچنین نشان داد که اثر سطوح تیمار بقایای گیاهی بر تاریخ سنبله‌دهی گندم معنی‌دار ($p\leq0.05$) شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش درصد بقایای گیاهی بر روی زمین منجر به کاهش تاریخ سنبله‌دهی شد (جدول ۴). به‌طوری که طولانی‌ترین تاریخ سنبله‌دهی با ۱۶۸/۲۲ روز پس از کاشت در تیمار بدون بقایای گیاهی و کوتاه‌ترین تاریخ سنبله‌دهی با ۱۶۵/۷۸ روز پس از کاشت در تیمار ۶۰ درصد بقایای گیاهی مشاهده شد (جدول ۴). بقایای گیاهی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده مواد آلی در خاک هستند (Nassiri Mahallati et al., 2011). به نحوی که در این پژوهش نیز، بیشترین میزان نیتروژن و کربن آلی در خاک در تیمار ۶۰ درصد بقایای گیاهی (جدول ۵) مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات خاکورزی و بقایای گیاهی بر عملکرد و خصوصیات زراعی گندم در سال سوم

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of tillage and plant residues on yield and agronomy traits of wheat in the third year

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تاریخ سنبله‌دهی Heading date	تاریخ رسیدگی Maturity date	تعداد سنبله در مترمربع No. of spikes in m^2	تعداد دانه در سنبله No. of seeds in spike	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	کربن آلی خاک Soil Organic C	میزان نیتروژن خاک Soil N content
تکرار Replication	2	9.92	0.703	127.35	10.95	1.88	0.334	1.73	13.88	0.129	0.003
خاکورزی Tillage	2	116.03 **	42.70 **	26784 **	24.83 ns	287.48 **	15.67 **	65.03 **	26.63 ns	0.092 **	0.001 **
خطای(الف) Error(a)	4	4.98	0.981	91.96	27.23	1.84	0.159	0.467	6.11	0.000001	0.000001
بقایای گیاهی Plant residues	2	13.59 *	5.48 ns	4401 **	5.75 ns	72.46 **	2.91 **	10.23 **	18.99 ns	0.006 **	0.0005 **
بقایای گیاهی×خاکورزی Tillage×Plant residues	4	1.65 ns	2.76 ns	1128 **	17.59 ns	26.35 **	0.862 **	4.24 **	11.71 ns	0.004 **	0.0003 **
خطای(ب) Error(b)	12	3.18	5.11	85.07	7.16	1.85	0.093	0.553	20.24	0.000001	0.000001
ضریب تغییرات CV (%)	-	1.06	0.89	2.70	4.53	3.82	5.33	5.19	12.05	0.16	1.45

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده خاکورزی بر روی صفات تاریخ سنبله‌دهی و رسیدگی گندم در سال سوم

Table 3- Mean comparisons for simple effect of tillage on heading date and maturity date of wheat in third year

خاکورزی Tillage	تاریخ سنبله‌دهی (روز پس از کاشت) Heading date (DAS*)	تاریخ رسیدگی (روز پس از کاشت) Maturity date (DAS)
بدون خاکورزی No tillage	163.89	197.78
کم خاکورزی Low tillage	166.00	199.55
خاکورزی متداول Conventional tillage	170.89	202.11
LSD (0.05)	1.052	0.47

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر ساده بقایای گیاهی بر روی صفت تاریخ سنبله‌دهی گندم در سال سوم

Table 4- Mean comparisons for simple effect of plant residues on heading date of wheat in third year

بقایای گیاهی plant residues	تاریخ سنبله‌دهی (روز پس از کاشت) Heading date (DAS)
بدون بقایای گیاهی No plant residues	168.22
۳۰ درصد بقایای گیاهی 30% plant residues	166.78
۶۰ درصد بقایای گیاهی 60% plant residues	165.78
LSD (0.05)	0.84

لذا به نظر می‌ر سد که تأمین منا سب عنا صر غذایی مورد نیاز در گیاه به‌کمک بقایای گیاهی، منجر به کوتاه شدن رشد رویشی و تسریع در آغاز تاریخ سنبله‌دهی در گیاه گردیده ا ست که در نهایت، منجر به زودرسی گندم می‌گردد.

تاریخ رسیدگی

تاریخ ر سیدگی گیاه تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای مورد برر سی قرار نگرفت و صرفاً اثر ساده سطوح مختلف خاکورزی تأثیر معنی‌داری ($p\leq0.01$) بر این صفت داشت (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین زمان برای وقوع ر سیدگی در تیمار خاکورزی متداول دیده شد. به‌طوری‌که تنها در این تیمار بود که رسیدگی محصول در تاریخ بیش از ۲۰۲ روز پس از کاشت رخ داد. در تیمارهای کم خاکورزی و بدون خاکورزی، تاریخ ر سیدگی به‌ترتیب ۱۹۹/۵۵ و ۱۹۷/۷۸ روز پس از کا شت بود (جدول ۳). با توجه به تأثیر تیمار خاکورزی متداول بر روی تأخیر در وقوع مرحله سنبله‌دهی گندم، به تعویق افتادن تاریخ رسیدگی محصول تحت این تیمار منطقی به نظر می‌رسد. چرا که مرا حل مختلف فنولوژیکی گیاه گندم با همدیگر ارتباط مثبتی داشته و با طولانی‌تر شدن یک صفت فنولوژیک، بقیه صفات فنولوژیک نیز از آن متاثر خواهند شد و این مو ضوع می‌تواند در طولانی‌تر شدن دوره ر شد و دیررسی گندم مؤثر باشد (Barjasteh, 2017).

تعداد سنبله در مترمربع: اثر متقابل تیمارهای خاکورزی و بقا یای گیاهی بر تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که عدم خاکورزی تعداد سنبله در مترمربع را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. لکن از این بابت، بین سطوح بقایای گیاهی در تیمار عدم خاکورزی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). بیشترین تعداد سنبله در مترمربع در تیمار خاکورزی متداول و در سطوح ۳۰ و ۶۰ در صد بقایای گیاهی مشاهده گردید. به‌گونه‌ای که در این دو تیمار، تعداد سنبله در مترمربع بیش از ۳۳۰ عدد بود. لکن تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۳۰ و ۶۰ در صد بقایا از نظر تعداد سنبله تولید شده در تیمار خاکورزی متداول وجود نداشت (جدول ۵). علاوه‌براین، در تحقیق حاضر، در تیمار عدم خاکورزی، بین سطوح بقا یای گیاهی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. امّا در تیمارهای کم خاکورزی و خاکورزی متداول، سطوح ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا نسبت به شرایط بدون خاکورزی برتری داشتند. احتمالاً وجود بقایای گیاهی و زیر و رو شدن آن‌ها تو سط عملیات خاکورزی، سبب تأمین بهتر عناصر غذایی برای گیاه و افزایش تعداد سنبله‌های گندم در واحد سطح شده است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل خاکورزی و بقایای گیاهی بر روی صفات زراعی گندم و میزان نیتروژن و کربن آلی خاک در سال سوم

Table 5- Mean comparisons for interactions of tillage and plant residues on agronomy traits of wheat and organic carbon and nitrogen content in third year

خاکورزی Tillage	بقایای گیاهی plant residues	تعداد سنبله در مترمربع No. of spike in m^2	وزن هزار دانه 1000-seeds weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (ton ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (ton ha^{-1})	کربن آلی خاک Soil organic carbon	میزان نیتروژن خاک Soil nitrogen content
بدون خاکورزی No tillage	بدون بقایای گیاهی (شاهد) Without crop residues	258	26.4	3.9	10.8	0.63	0.060
	۳۰ درصد بقایای گیاهی 30% plant residues	261	25.3	4.9	10.9	0.65	0.064
	۶۰ درصد بقایای گیاهی 60% plant residues	256	27.2	3.8	9.1	0.66	0.069
کم خاکورزی Reduced tillage	بدون بقایای گیاهی No plant residues	277	27.4	5.1	12.1	0.61	0.059
	۳۰ درصد بقایای گیاهی 30% plant residues	332	38.2	6.1	14.1	0.72	0.091
	۶۰ درصد بقایای گیاهی 60% plant residues	339	36.6	4.3	9.9 d	0.74	0.092
خاکورزی متداول Conventional tillage	بدون بقایای گیاهی No plant residues	330	33.2	6.0	15.1	0.50	0.061
	۳۰ درصد بقایای گیاهی 30% plant residues	391	37.4	7.1	15.9	0.50	0.064
	۶۰ درصد بقایای گیاهی 60% plant residues	393	37.2	7.1	15.9	0.49	0.062
	LSD (0.05)	6.93	3.01	0.24	0.55	0.008	0.008

با این وجود، برخی از محققین عدم وجود تأثیر معنی‌دار برای تیمارهای خاکورزی و بقایای گیاهی بر روی تعداد سنبله‌های گندم در واحد را گزارش کرده‌اند (Alijani et al., 2011) و برخی دیگر نیز گزارش کردند که که تعداد سنبله گندم در مترمربع با افزایش مقادیر بقایای گیاهی کاهش یافته است (Barraco et al., 2007).

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که اثر متقابل تیمارهای خاکورزی و بقایای گیاهی بر روی وزن هزار دانه گندم تأثیر معنی‌داری داشت ($p\leq0.01$) (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که در سطوح مختلف تیمار عدم خاکورزی وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری کمتر بود. لکن از این جهت بین سطوح بقایای گیاهی در تیمار عدم خاکورزی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در هر سه سطح تیمار بقایای گیاهی در شرایط عدم خاکورزی، وزن هزار دانه کمتر از ۲۷/۵ گرم بود (جدول ۵). بیشترین وزن هزار دانه نیز در تیمارهای خاکورزی متداول و کم خاکورزی و در سطوح ۳۰ و ۶۰ درصد بقایای گیاهی مشاهده گردید. به‌گونه‌ای که در این تیمارها، وزن هزار دانه ۳۶/۶ گرم بود. لکن تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا از نظر وزن هزار دانه در دو شرایط خاکورزی متداول و کم خاکورزی وجود نداشت (جدول ۵). با توجه به نتایج به‌دست آمده، نتایج نشان می‌دهد که وجود بقایای گیاهی کلزا و زیر و رو شدن آن‌ها از طریق انجام عملیات خاکورزی، منجر به افزایش نیتروژن و کربن آلی در خاک گردیده (جدول ۵) و لذا به نظر می‌رسد که فراهمی مطلوب‌تر عناصر غذایی برای گندم منجر به افزایش وزن هزار دانه در مقایسه با شرایط عدم وجود بقایای گیاهی شده است.

این نتایج با یافته‌های سایر محققین در توافق است. ریگر و همکاران (Rieger et al., 2008) نیز اظهار داشتند که وزن هزار دانه گندم در تیمار خاکورزی رایج به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای

خاکورزی حداقل و بدون خاکورزی بود. در تحقیقی دیگر، سپیده‌دم و رمرودی (Sepideh Dam & Ramurodi, 2015) بیان نمودند که وزن هزار دانه گندم در شرایط عدم خاکورزی کمتر از خاکورزی‌های رایج و حداقل بود. به‌طوری‌که در شرایط خاکورزی‌های رایج و حداقل، وزن هزار دانه بیش از ۴۲/۵ گرم بود، در حالی که در شرایط عدم خاکورزی، وزن هزار دانه گندم حتی به ۳۹ گرم هم نرسید. سپیده‌دم و رمرودی بیان داشتند که در تیمار بدون خاکورزی به‌دلیل کاهش عملکرد زیستی و در نتیجه، کم بودن سطح فتوسنتزکننده در زمان پر شدن دانه ها وزن هزار دانه کاهش می یابد (Sepide Dam & Ramroudi, 2015). نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نیز نشان داد که در تیمار بدون خاکورزی عملکرد بیولوژیک کاهش یافته است (جدول ۵) که در نهایت، منجر به کاهش وزن هزار دانه گردید که با سایر پژوهش‌ها نیز مطابقت دارد (Roozbeh & Pooskani, 2003; Safari, 2002).

عملکرد دانه: اثر متقابل تیمارهای خاکورزی و بقایای گیاهی بر عملکرد دانه گندم معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار خاکورزی متداول با ۳۰ و ۶۰ درصد از بقایای گیاهی (۷/۱ تن در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در تیمار بدون خاکورزی با ۶۰ در صد بقایای گیاهی (۳/۸ تن در هکتار) ملاحظه شد (جدول ۵). افزایش در صد بقایای گیاهی تا ۳۰ درصد منجر به افزایش ۱۹ درصدی در عملکرد دانه شد، امّا افزایش بقایای گیاهی از ۳۰ درصد تا ۶۰ درصد منجر به کاهش ۱۶ درصدی در عملکرد دانه شد. با توجه به نتایج فوق به نظر می‌رسد که استفاده از بقایای گیاهی تا حد مطلوب می‌تواند منجر به عملکرد محصول شود، امّا افزایش بیش از حد این بقایا می‌تواند کاهش عملکرد محصول را در پی داشته باشد (جدول ۵) که این مورد توسط سایر محققان نیز مطرح شده است (Wuest et al., 2000; Ghaffari, 2002). نتایج همچنین نشان داد که تیمار خاکورزی متداول منجر به افزایش ۵۹ در صدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار بدون خاکورزی شد. در همین راستا رائو و دائو (Rao & Dao, 1996) بیان نمودند که در سیستم‌های خاکورزی حفاظتی، اغلب کاهش عملکرد دانه ناشی از کمبود عناصر غذایی قابل دسترس خصوصاً نیتروژن رخ می‌دهد. افزایش عملکرد دانه گندم در سیستم خاکورزی رایج نسبت به سیستم‌های خاکورزی حفاظتی توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Wozniak et al., 2015).

عملکرد بیولوژیک: اثر متقابل تیمارهای خاکورزی و بقایای گیاهی بر عملکرد بیولوژیک گندم معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسات میانگین نشان داد که در شرایط عدم خاکورزی عملکرد بیولوژیک گندم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری‌که در هیچ یک از سطوح بقایای گیاهی در شرایط عدم خاکورزی، عملکرد بیولوژیک گندم حتی به ۱۱ تن در هکتار هم نرسید. در شرایط خاکورزی حداقل و در تیمار ۳۰ درصد بقایای گیاهی، عملکرد بیولوژیک نسبت به دو شرایط ۶۰ در صد بقایای گیاهی و عدم وجود بقایا در همان شرایط خاکورزی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۵). بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار خاکورزی متداول و در سطوح مختلف بقایای گیاهی مشاهده گردید. به‌گونه‌ای که در این سه تیمار، عملکرد بیولوژک بیش از ۱۵ تن در هکتار بود. لکن تفاوت معنی‌داری بین سطوح بقایای گیاهی از نظر عملکرد بیولوژیک در تیمار خاکورزی متداول وجود نداشت (جدول ۵). گزارش‌های علمی حاکی از آن است که در سیستم خاکورزی حداقل به‌علت افزایش غیر متحرک‌سازی عناصر و نیز کاهش معدنی شدن آن‌ها در خاک، قابلیت دسترسی عناصر برای گیاهان، حداقل در سال اول تغییر سیستم خاکورزی رایج به سیستم خاکورزی حداقل کاهش می‌یابد (Meyer-Aurich et al., 2009) و این امر می تواند عامل کاهش تولید زیست‌توده و عملکرد بیولوژیک گندم در تحقیق حاضر باشد. سپیده‌دم و رمرودی (Sepideh Dam & Ramurodi, 2015) نیز در بررسی اثر عملیات خاکورزی بر روی خصوصیات زراعی گندم اظهار داشتند که در خاکورزی رایج، عملکرد بیولوژیک حاصل شده، بیش از ۵۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. در حالی که، در خاکورزی های کاهش یافته و بدون شخم، عملکرد بیولوژیک گندم حتی به ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار هم نرسید.

کربن آلی خاک: اثر متقابل تیمار های خاکورزی و بقایای گیاهی بر کربن آلی خاک معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که خاکورزی متداول، کربن آلی خاک را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در شرایط عدم خاکورزی و در تیمارهای ۳۰ و ۶۰ در صد بقایای گیاهی، کربن آلی خاک نسبت به شرایط عدم وجود بقایای گیاهی در همان شرایط خاکورزی به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. بیشترین کربن آلی خاک در تیمار خاکورزی حداقل و در سطوح ۳۰ و ۶۰ درصد بقایای گیاهی مشاهده گردید. به‌گونه‌ای که در این دو تیمار، کربن آلی خاک بیش از ۰/۷ درصد بود. لکن تفاوت

معنی‌داری بین سطوح ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا از نظر کربن آلی خاک در تیمار خاکورزی حداقل وجود نداشت (جدول ۵). تحقیقات نشان داده‌اند که با تبدیل خاکورزی متداول به خاکورزی حفاظتی، تجزیه کربن آلی در خاک کاهش می‌یابد و در نتیجه این رویداد، از نیتروژن خاک نیز محافظت می شود، زیرا که کربن و نیتروژن خاک به همدیگر وابسته هستند. ضمن آنکه، خاکورزی حفاظتی به همراه وجود گیاهان پوششی میزان کربن و نیتروژن ذخیره شده در خاک زراعی را افزایش می‌دهد (Sainju et al., 2006). بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، میزان کربن آلی خاک در ابتدا و قبل از کشت ۰/۴۵۸ بود که پس از اعمال تیمارهای بقایای گیاهی، افزایش یافته به‌طوری‌که در تیمار کم خاکورزی با ۶۰ درصد بقایا با ۶۴ درصد افزایش به ۰/۷۴ رسید. لذا مشخص گردید که باقی نگه داشتن بقایا در سطح خاک و کاهش عملیات خاکورزی به افزایش میزان کربن آلی خاک منجر می شود. به نظر می‌رسد که در خاکورزی حداقل، به‌دلیل بازگشت بقایای گیاهای به افق‌های سطحی خاک، افزایش میزان مواد آلی (از جمله کربن) رخ می‌دهد. در حالی‌که، در روش خاکورزی متداول به هم خوردن خاک باعث فساد بیشتر و تجزیه زودتر بقایای گیاهی شده که در نتیجه، کاهش میزان کربن آلی را به‌همراه دارد. چگنی و همکاران (Chegeni et al., 2013) نیز در گزارش های خود افزایش معنی‌دار ماده آلی خاک را به‌واسطه حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و کاهش عملیات خاکورزی عنوان کردند.

میزان نیتروژن خاک: اثر متقابل تیمارهای خاکورزی و بقایای گیاهی بر میزان نیتروژن خاک معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که خاکورزی متداول، میزان نیتروژن خاک را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. بیشترین میزان نیتروژن خاک در تیمار خاکورزی حداقل و در سطوح ۳۰ و ۶۰ درصد بقایای گیاهی مشاهده گردید. به‌گونه‌ای که در این دو تیمار، میزان نیتروژن خاک بیش از ۰/۰۹۰ درصد بود. لکن تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا از نظر میزان نیتروژن خاک در تیمار خاکورزی حداقل وجود نداشت (جدول ۵). چنین به نظر می‌رسد که با تبدیل خاکورزی متداول به خاکورزی حفاظتی، از نیتروژن خاک محافظت شده و میزان آن در خاک افزایش یافته است. این موضوع می‌تواند ناشی از حفظ بقایای گیاهی در خاک زراعی تحت خاکورزی حفاظتی باشد (Sainju et al., 2006). به نظر می‌رسد که در خاکورزی حداقل، به‌واسطه بازگشت بقایای گیاهای به لایه‌های سطحی خاک، افزایش میزان نیتروژن خاک اتفاق افتاده است. در حالی‌که، در روش خاکورزی متداول، میزان معدنی شدن نیتروژن خاک و همچنین میزان تلفات نیتروژن موجود در بقایای گیاهی برگردانده شده به خاک افزایش یافته است. افزایش معدنی شدن نیتروژن خاک تحت تأثیر خاکورزی متداول، توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Bowman et al., 2000). کمیل و همکاران (Kamil et al., 2005) نیز در گزارش‌های خود افزایش میزان تلفات نیتروژن موجود در بقایای گیاهی برگردانده شده به خاک و فرسایش خاک را طی انجام خاکورزی شدید بیان کردند.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، اگرچه میزان عملکرد گندم در تیمار خاکورزی متداول بیش از خاکورزی‌های کاهش یافته بود، لکن باید توجه داشت که خاکورزی حداقل سبب بهبود میزان کربن آلی و نیتروژن خاک (که از خصوصیات شیمیایی مهم خاک می‌باشند) گردید که این امر در بلندمدت می‌تواند اثر مثبتی بر عملکرد گیاه داشته باشد. به بیان دیگر، در صورت تداوم سیستم خاکورزی حداقل توأم با حفظ بقایا، ضمن کاهش هزینه‌های کاشت، عملکرد پایدارتری در طول زمان حاصل خواهد شد. باید توجه داشت، اگرچه حفظ بقایای گیاه قبلی، از طریق تأمین مواد آلی خاک و احتمالاً ممانعت از تبخیر، اثر مثبتی بر کشت بعدی دارد، لکن مقادیر خیلی زیاد بقایا بر سطح خاک سبب کاهش سطح تماس دانه با خاک و در نتیجه، کاهش درصد سبز شدن گیاه می‌شود. بنابراین، با توجه به تلفیق نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل عملکرد و مقایسه آن با نتایج مربوط به آزمایش خاک، حفظ ۳۰ درصد بقایای محصولات به همراه خاکورزی حداقل در تناوب گندم- کلزا- گندم توصیه می‌گردد.

References

Alijani, K., Bahra'i, M.J., and Kazemeini, A.R., 2011. Effect of tillage methods and corn residue on growth, yield and yield components of wheat. Iranian Journal of Crop Research 9(3): 486-493. (In Persian with English Summary)

Alvarez, R., and Steinbach, H.S., 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.

Asghari Meydani, J., Karimi, A., and Mousavi, S.B., 2012. Effect of different tillage methods on dryland wheat yield and moisture content and apparent density of soil in fallow-wheat rotation in Maragheh. Journal of Agricultural Science and Technology, Water and Soil Science 16(60): 119-129. (In Persian with English Summary)

Ayeneh Band, A., 2005. Crops Rotation. Publications University of Mashhad, Iran. 407 p. (In Persian)

Barjasteh, A.R., 2017. Evaluation of drought stress on wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild oat (*Avena ludoviciana* L.) competition. Ph.D. Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Barraco, M., DÍaz-Zorita, M., and Duarte, G., 2007. Corn and soybean residue covers effects on wheat productivity under no-tillage practices. In: Wheat Production in Stressed Environment, Springer Publisher, Netherlands. p. 209-216.

Bowman, R.A., Nielsen, D.C., Vigil, M.F., and Aiken, R.M., 2000. Effects of sunflower on soil quality indicators and subsequent wheat yield. Soil Science 165(6): 516-522.

Busari, M.A., and Salako, F.K., 2013. Effect of tillage, poultry manure and NPK fertilizer on soil chemical properties and maize yield on an Alfisol at Abeokuta, south-western Nigeria. Nigerian Journal of Soil Science 23: 206–218.

Castellini, M., and Ventrella, D., 2012. Impact of conventional and minimum tillage on soil hydraulic conductivity in typical cropping system in Southern Italy. Soil and Tillage Research 124: 47–56.

Chegeni, M., Ansari-Dust, S., and Eskandari, H., 2013. Effect of tillage methods and residuals management on some physical properties of soil to achieve sustainable agriculture. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 24(2): 31-40. (In Persian with English Summary)

Crookston, R.K., Kurle, E., and Copeland, P.J., 1991. Rotational cropping sequence affects yields of corn and soybean. Agronomy Journal 83: 108-113.

Ghaffari, A., 2002. Investigating the effect of sardari wheat rotation with oilseed sunflower, chickpea and fallow in rain fed conditions. Journal of Seed and Plant Seed 18(2): 103-110. (In Persian with English Summary)

Herbeck, J., and Murdock, L., 2009. A comprehensive guide to wheat management in Kentucky. Cooperative Extension Service of College of Agriculture Food and Environment of University of Kentucky. University of Kentucky.USA.

Imaz, M.J., Virto, I., Bescansa, P., Enrique, A., Fernandez, O., and Karlen, D.L., 2010. Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland. Soil and Tillage Research 107: 17–25.

Kamil, B.A, Isildar, A., and Akgul, M., 2005. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a loam soil of a dryland in Turkey. Acta Agriculture Scandinavica, Section B. Plant Soil Science 55(3): 214-220.

Karlen, D.L., Wollenhaupt, N.C., Erbach, D.C., Berry, E.C., Swan, J.B., and Eash, N.S., 1994. Long-term tillage effects on soil quality. Soil and Tillage Research 32: 313-324.

Khaje Pour, M.R., 2009. Principles of Agriculture. Publication of Jihad Daneshgahi of Isfahan University, Iran. 398 p. (In Persian)

Khurshid, K., Iqbal, M., Arif, M.S., and Nawaz. A., 2006. Effect of tillage and mulch on soil physical properties and growth of maize. International Journal Of Agriculture And Biology. 593-596.

Koocheki, A.R., Nassiri Mahallati, M., Zare Feyzabadi, A., and Jahanbeen, J., 2004. Evaluation of diversity of agricultural systems in Iran. Journal of Research and Development in Agriculture and Horticulture 63: 70-83. (In Persian with English Summary)

Meyer-Aurich, A.M., Gandorfer, G., and Kainz, M., 2009. Tillage and fertilizer effects on yield, profitability, and risk in a corn-wheat-potato-wheat rotation. Agronomy Journal 101: 1538-1547.

Miller, P., McConkey, B., Clayton, G., Brandt, S., Baltensperger, D., and Neil, K., 2002. Pulse crop adaptation in the Northen Great Plains. Agronomy Journal 94: 261-272.

Nassiri Mahallati, M., Koochaki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A., 2011. Agro Ecology. Ferdowsi University Publication, Mashhad, Iran. 459 p. (In Persian)

Rao, S.C., and Dao, T.H., 1996. Nitrogen placement and tillage effects on dry matter and nitrogen accumulation and redistribution in winter wheat. Agronomy Journal 188: 10281-1032.

Roozbeh, M., and Pooskani, M.A., 2003. The effect of different tillage methods on wheat yield when in rotation with corn. Iranian Journal Agricultural Science 34(1): 29-38. (In Persian with English Summary)

Rieger, S., Richner, W., Streit, B., Frossard, E., and Liedgens, M., 2008. Growth, yield, and yield components of winter wheat and the effects of tillage intensity, preceding crops, and N fertilization. Europian Journal of Agronomy 28: 405-

411.

Sadegh Nezhad, H.R., 2013. Sustainable tillage. Technical publication No. 45, Agricultural and Technical Engineering Research Institute. Tehran, Iran. (In Persian)

Sadegh Nezhad, H.R., and Eslami, K., 2006. Comparison of wheat yield by changing soil tillage method. Journal of Agricultural Sciences 12(1): 103-111. (In Persian with English Summary)

Safari, M., 2002. Effect of different tillage methods on yield and yield components of sunflower varieties. Agronomy Journal (Pajohesh and Sazandege) 56: 30-33. (In Persian with English Summary)

Safari, A., Asoudar, M.A., Ghasemi Nejad, M., and Abdali Mashhadi, A., 2013. Effect of conservation of residues, different methods of conservation tillage and planting on physical properties of soil and wheat yield. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 23(2): 49-59. (In Persian with English Summary)

Sainju, U.M., Singh, B.P., Whitehead, W.F., and Wang, S., 2006. Carbon supply and storage in tilled and non-tilled soils as influenced by cover crops and nitrogen fertilization. Journal of Environmental Quality 35: 1507-1517.

Sepideh Dam, S., and Ramurodi, M., 2015. Effect of tillage systems and nitrogen fertilizer on yield, yield components and grain protein of wheat. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology 2(2): 33-36. (In Persian with English Summary)

Shabahang, J., 2015. Evaluation of the effects of management of rotation, tillage operations and plant debris on the physical, chemical and soil carbon sequestration potential. Ph.D. Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Slafer, G.A. 2007. Physiology of determination of major wheat yield components. In: "Wheat Production in Stressed Environments"(Ed: H. Buck). Springer. The Netherlands, pp. 557-565.

Wozniak, A., Wesolowski, M., and Soroka, M., 2015. Effect of long-term reduced tillage on grain yield, grain quality and weed infestation of spring wheat. Journal of Agriculture Science and Technology 17: 899-908.

Wuest, S.B., Albrecht, S.L., and Skirvin, K.W., 2000. Crop residue position and interference with wheat seedling development. Soil and Tillage Research 55: 175-182.

Younesi al-Mawati, M.Y., Solh Jou, A.A., Sharifi, A., Javadi, A., Ashrafizadeh, S.R., and Taki, A., 2015. Guidance for Conservation Tillage and its Application. Agricultural Education Publication. Tehran, Iran. 10-16. (In Persian)