نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۹ شماره ۲ / تابستان ۱۳۹۸

تغییرات ماده آلی خاک و عملکرد محصول در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و متداول در تناوب گندم–ذرت در منطقه زرقان فارس

جهانبخش میرزاوند[1*]

تاریخ دریافت: ۹۷/٦/٤ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۷

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران

* مسئول مکاتبه: Email: j.mirzavand@areeo.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثر روش‌های خاک‌ورزی بر محتوای ماده آلی خاک و عملکرد محصول، پژوهشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۳ در زرقان استان فارس به صورت آزمایش کرت‌های یک بار خُرد شده با سه تکرار در تناوب ذرت–گندم اجرا شد. نتایج نشان داد حفظ بقایا و کاهش عملیات خاک‌ورزی منجر به بهبود ماده آلی خاک شد به گونه‌ای که در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری، عملیات کم خاک‌ورزی و حفظ بقایا نسبت به خاک‌ورزی رایج دو درصد ماده آلی را افزایش داد. با افزایش عمق خاک، خاک‌وزی رایج و حفظ بقایا نسبت به کم خاک‌ورزی ماده آلی را یک درصد افزایش داد. عملکرد دانه گندم با انجام عملیات کم خاک‌ورزی و حفظ بقایا نسبت به خاک‌ورزی رایج ۲٤/٥ درصد بیشتر شد. بی خاک‌ورزی منجر به کاهش ٤۸ درصدی عملکرد دانه گندم نسبت به کم خاک‌ورزی شد. علاوه براین، حفظ بقایای ذرت در بی خاک‌ورزی منجر به افزایش ۲۱ درصدی عملکرد دانه گندم نسبت به حذف بقایا شد. نتایج نشان داد عملکرد دانه ذرت در شرایط حفظ بقایای گندم با عملیات خاک‌ورزی رایج و یا کم خاک‌ورزی ۳٤ درصد در مقایسه با بی خاک‌ورزی افزایش یافت. در مقابل، حفظ بقایای گندم در بی خاک‌ورزی منجر به افزایش ٥/٥ درصدی عملکرد دانه ذرت نسبت به حذف بقایا شد. بطور کلی، در مناطق خشک و نیمه خشک که کشت ممتد گندم–ذرت اتفاق می‌افتد انجام عملیات کم خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی به صورت ایستاده و با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر می‌تواند موجب افزایش محتوای ماده آلی خاک و حفظ پتانسیل عملکرد هر دو محصول گردد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، بقایای گیاهی، بی خاک‌ورزی، حاصلخیزی خاک، کم خاک‌ورزی

Soil Organic Matter Changes and Crop Yield in Conservation and Conventional Tillage Systems under Wheat-Corn Rotation in Zarghan Region (Fars Province, Iran)

Jahanbakhsh Mirzavand[1*]

Received: August 26, 2018 Accepted: January 17, 2019
1- Assist. Prof., Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zarghan, Iran.
* Corresponding Author E-mail: j.mirzavand@areeo.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the effects of tillage methods on soil organic matter (OM) content and crop yield, a field experiment was conducted under wheat-corn rotation based on split-plot design in three replications at Zarghan, Fars province. Results showed that the reduction of soil tillage operations accompanied by keeping crop residue can be improved OM content compared to conventional tillage (CT) methods. At a soil depth range of 0-10 cm, the OM content increased two % by applying reduced tillage (RT) method and residue retention compared to CT method. In deeper soil layers, OM content enhanced one % by CT method and residue retention compared to RT method. Results showed that grain yield of wheat increased 24.5% by applying RT method and corn residue retention compared to CT method. While, wheat yield decreased 48% by applying No-Till (NT) method compared to RT method. Furthermore, applying NT method and corn residue retention increased wheat yield by 21% compared to crop residue removal. In wheat residue retention, results showed that kernel yield of corn increased by 34% under CT and RT methods compared to NT method. In contrast, keeping wheat residue accompanied by NT method application can be increased kernel yield of corn at 5.5% compared to crop residue removal. It is concluded that, to maintain the crop yield potential and increase OM content under a consecutive corn-wheat rotation in arid and semi-arid regions, adopting RT method accompanied by keeping crop residue (standing residue with a height of 30 cm), is recommended.

Keywords: No-Till, Plant Residue, Reduced Tillage, Soil Fertility, Yield Components

مقدمه

تولید محصولات کشاورزی به مقدار مناسب در دهه-های آینده، مستلزم تولید پایدار محصول، بوسیله افزایش کارآیی استفاده از منابع طبیعی و هم‌چنین به حداقل رساندن فشار بر محیط زیست خواهد بود. گندم (*Triticum aestivum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) به عنوان دو غله مهم، بخش عمده‌ای از غذای مردم دنیا را تشکیل می‌دهند و بطور معمول کشاورزان ایران و به ویژه مناطق جنوبی کشور مانند استان فارس و خوزستان، این دو گیاه را در تناوب با یکدگیر کشت می-کنند. اگرچه اعتقاد بر این است که کشت مداوم گندم و یا تناوب ذرت-گندم به دلیل عوامل اقتصادی، تناوب مناسبی برای کشاورزان می‌باشد اما با مشکلاتی مانند افزایش جمعیت علف‌های هرز، گسترش آفات و بیماری‌ها

که منجر به کاهش عملکرد دانه گیاه زراعی می‌گردد، همراه است (علیجانی و همکاران ۲۰۱۱). یکی از مهمترین سازوکارها برای حفظ پتانسیل عملکرد دانه در کشت ممتد ذرت یا گندم و یا تناوب ذرت-گندم و بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک استفاده از سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و از جمله بی خاک‌ورزی است (حامدی و پرویزی ۲۰۱٦ و حسن‌زاده مقدم و همکاران ۲۰۱۷). در رابطه با تاثیر خاک‌ورزی حفاظتی در شرایط مختلف، گزارش‌های متفاوتی شامل تاثیر مثبت (جین و همکاران ۲۰۱۱ و بنی‌اسدی و همکاران ۲۰۱٤ و جلالی و اسفندیاری ۲۰۱٦)، منفی و عدم تاثیر (مسیگا و همکاران ۲۰۱۲ و مالیکا و همکاران ۲۰۱۵) وجود دارد. به عبارت دیگر، پاسخ عملکردی محصول به روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی تابع نوع محصول، شرایط آب و هوایی منطقه و سامانه کشت (دیم یا آبی) می‌باشد. افضلی‌نیا و کرمی (۲۰۱۸) بیان کردند که در شرایط کشت آبی، معمولا عملکرد محصول در خاک‌ورزی حفاظتی کمتر یا برابر با عملکرد محصول در خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان دار، دیسک و لولر) است. گوارتز و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که بیشترین میزان عملکرد محصول در تناوب گندم-ذرت در شرایط بی خاک‌ورزی و باقی گذاشتن بقایا به دست آمد، درحالی‌که کمترین عملکرد در شرایط بی خاک‌ورزی و همراه با حذف بقایا حاصل شد. رومر-پرزگروواز و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که عملکرد ذرت در سامانه کشاورزی حفاظتی ۲٦ درصد بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود که با نتایج کینجیا و همکاران (۲۰۱٤) مطابقت داشت.

از سوی دیگر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی که با مدیریت مناسب بقایای گیاهی همراه گردد راهکاری مناسب در جهت جلوگیری از حذف یا سوزاندن بقایا در کشاورزی پایدار به شمار می‌رود و نقشی مهم در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها دارد و در نتیجه می‌تواند منجر به افزایش و یا بهبود عملکرد گیاه زراعی گردد (عبدالهی و همکاران ۲۰۱۰ و بنی‌اسدی و همکاران ۲۰۱٤). براساس نتایج پژوهش‌های مختلف، باقی گذاشتن بقایای گیاهی در سطح خاک همراه با اجرای روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در شرایط فصل رشد گرم و خشک، به دلیل کاهش تبخیر سطحی آب، افزایش رطوبت خاک، بهبود شرایط دمایی خاک و افزایش رشد ریشه و افزایش معدنی شدن نیتروژن خاک در مقایسه با حذف یا سوزاندن بقایا موجب افزایش عملکرد دانه محصول می‌گردد (صفری و همکاران ۲۰۱۳ و چگنی و همکاران ۲۰۱٤). حیدری (۲۰۰٤) گزارش کرد که حفظ بقایای گیاهی ذرت نسبت به بقایای گیاهی گندم کربن آلی را حدود ۲۵ درصد افزایش داد اگرچه با افزایش ماده آلی خاک، عملکرد دانه گندم و یا ذرت تحت تاثیر مدیریت خاک‌ورزی و بقایای گیاهی قرار نگرفت. لیانگ و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که اثر متقابلی بین روش‌های خاک‌ورزی و تناوب محصولات زراعی بر افزایش درصد کربن آلی خاک وجود دارد. تغییرات ماده آلی خاک متناسب با میزان بقایای گیاهی برگردانده شده به خاک می‌باشد، اما نوع سامانه خاک‌ورزی بر نگهداری و حفظ ماده آلی خاک تاثیر می‌گذارد. محتوای کربن آلی خاک به صورت تعادل بین ورودی‌ها و خروجی‌ها است (تجزیه و سایر فرآیندهای هدرروی). اگر مواد آلی خاک به صورت معمول اضافه شده و پی در پی تجزیه گردد، خاک حاصلخیزتر خواهد بود. در این فرآیندها، عناصر غذایی و کربن به گردش در می‌آیند و ساختمان خاک حفظ شده یا بهبود می‌یابد (ویلهلم و همکاران ۲۰۰٤). آلماراس و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که عملیات بی خاک‌ورزی منجر به افزایش بیشتر کربن آلی خاک نسبت به خاک-ورزی رایج شد، در حالی که گاوآهن برگردان‌دار میزان کربن آلی خاک را کاهش داد. کتلر و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که کربن آلی خاک در عمق صفر تا ۷/۵ سانتی‌متری در سامانه خاک‌ورزی رایج در مقایسه با بی خاک‌ورزی ۲۰ درصد کمتر بود و در عمق ۷/۵ تا ۱۵ سانتی‌متری ۱۵ درصد بیشتر و در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تفاوتی نداشت.

با توجه به اثرات نامطلوب حذف بقایای گیاهی و مشکلاتی که در عملیات تهیه زمین در نتیجه حفظ بقایا به ویژه بقایای گیاهی درشت ذرت وجود دارد، لذا ضرورت انجام تحقیق در مورد کارآیی سامانه‌های متفاوت خاک-ورزی حفاظتی و متداول در جهت حفظ پتانسیل تولید محصولات زراعی در اقلیم‌های متفاوت کشور احساس می‌شود. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر میان مدت روش‌های متفاوت خاک‌ورزی بر محتوای ماده آلی در یک خاک آهکی، عملکرد و اجزای عملکرد محصول در تناوب ممتد گندم–ذرت و با توجه به مدیریت بقایای گیاهی در منطقه خشک و نیمه خشک زرقان استان فارس بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و متداول بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در تناوب ممتد ذرت (هیبرید سینگل کراس ۷۰٤)–گندم (رقم چمران)، پژوهشی مزرعه‌ای در سه سال زراعی (۹٤–۱۳۹۳، ۹۵–۱۳۹٤ و ۹٦–۱۳۹۵) در مرکز تحقیقات کشاورزی زرقان، استان فارس به صورت آزمایش کرت‌های یک بار خُرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. به منظور تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از شروع پژوهش دو نمونه خاک مرکب از مزرعه و عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و میزان ماده آلی (۱/۰۱ درصد)، هدایت الکتریکی (۰/٦۵ دسی زیمنس بر متر) و اسیدیته (۷/۹) در خاک تعیین شد (جدول۱). علاوه براین، متوسط بارندگی سالانه درازمدت در منطقه ۲۳۵ میلی‌متر (طول جغرافیایی ″۳۵′۷۱°۵۲ شرقی و عرض جغرافیایی ″٤۲′۷٦°۲۹ شمالی و ارتفاع ۱۵۹٦ متر از سطح دریا) ثبت شده است. تیمارها شامل روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح (خاک-ورزی رایج (شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و تراز کردن به وسیله‌ی ترازکننده کششی)، کم خاک‌ورزی (یک بار استفاده از خاک‌ورز مرکب متشکل از پنجه غازی و روتاری) و بی خاک‌ورزی (بدون هیچ‌گونه عملیات شخم یا خاک‌ورزی) به عنوان فاکتور اصلی و مدیریت بقایای گیاهی در دو سطح (حفظ بقایا به صورت ایستاده و حذف تمام بقایای گیاهی از سطح خاک) به عنوان فاکتور فرعی بود. در تیمار حفظ بقایا، محصول به وسیله دستگاه کمباین برداشت شد، به‌طوری که حدود ۳۰ درصد بقایای گیاهی ذرت و یا گندم به صورت ایستاده با ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر باقی ماند. در کرت‌های بدون بقایای گیاهی ذرت یا گندم، گیاه از محل طوقه در سطح خاک کف‌بُر و از مزرعه خارج شد.

جدول۱– برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در زرقان (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

ویژگی‌های شیمیایی خاک

قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ($dS.m^{-1}$)	PH در خمیر اشباع خاک	ماده آلی خاک (%)	کربنات کلسیم معادل (%)	آهن (ppm)	روی (ppm)	مس (ppm)	منگنز (ppm)	فسفر (ppm)	پتاس (ppm)
۰/٦۵	۷/۹	۱/۱	۳۷	۵	۰/۸	۰/٤	۷	۱۳/۵	۲۸۰

کلاس بافت خاک

شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک
۱۵/۲	٤۸/٦	۳٦/۲	لوم رسی سیلتی

ویژگی‌های آب آبیاری

هدایت الکتریکی آب آبیاری ($dS.m^{-1}$)	۱/۸۰
PH آب آبیاری	۷/۰۰

مزرعه در شروع تحقیق به صورت آیش بود، بنابراین در شروع آزمایش بقایای اندکی (بیشتر بقایای علف هرز) در مزرعه وجود داشت. برای کشت گندم از خطی کار کشت مستقیم (بذرکار-کودکار اسفوجیا، ۱۷ ردیفه، عرض کار سه متر و شیار بازکن دیسکی) و برای کشت ذرت از ردیف کار کشت مستقیم (ردیفکار برتینی، پنج ردیفه و با عرض کار سه متر) استفاده گردید. ابعاد کرت-های آزمایشی ۲۰×٦ متر بود. در کشت گندم، هر کرت شامل ۳۰ خط کاشت و فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی-متر و در کشت ذرت، هر کرت شامل هشت خط کاشت و فاصله خطوط کاشت۷۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله‌ی بین کرت‌های فرعی دو متر و تکرارها هشت متر در نظر گرفته شد. گندم به مقدار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار در نیمه دوم آبان و ذرت به مقدار ۲۵ کیلوگرم در هکتار در نیمه اول تیر ماه در کرت‌ها کشت شد. میزان کود مصرفی براساس نیاز کودی مزرعه در سال‌های مختلف، متفاوت بود که تمامی کود فسفات (حدود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، پتاس (حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و یک سوم کود اوره (حدود ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) در زمان کاشت و توسط کارنده به کرت‌ها داده شد و بقیه کود اوره در دو مرحله به صورت سرک و با دست در مزرعه پخش شد. سایر عملیات زراعی شامل آبیاری (آبیاری غرقابی)، کنترل علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در تمام تیمارها بطور یکسان اعمال شد. در زمان برداشت، بوته‌های گندم از مساحت دو مترمربع و ذرت از مساحت یک متر مربع به صورت تصادفی و با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای با دست بریده و برداشت شدند. ویژگی‌های مورد مطالعه شامل عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در مترمربع، عملکرد کاه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برای گندم و عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برای ذرت بودند. برای تعیین مقدار ماده آلی خاک، در پایان اجرای آزمایش از دو عمق صفر تا۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متری خاک در هر کرت نمونه مرکب برداشته شد و سپس نمونه‌ها خشک شدند. نمونه‌ها پس از غربال با الک دو میلی‌متری، به آزمایشگاه منتقل شدند و درصد کربن آلی آن‌ها به عنوان شاخصی از ماده آلی خاک تعیین شد.

کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار 9.3 SAS انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد و جهت رسم شکل-ها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. از آنجایی که اثر سال در طول تناوب گندم-ذرت بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد دانه هر دو محصول معنی دار نبود، آنالیز داده‌ها به صورت مرکب انجام و میانگین سه سال پژوهش گزارش گردید.

نتایج و بحث

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، عملکرد محصول بطور معنی‌داری تحت تاثیر سامانه‌های خاک-ورزی، مدیریت بقایای گیاهی و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت. اثر برهمکنش تیمارهای مورد مطالعه بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم و ذرت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت شامل وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف در سطح پنج درصد و شاخص برداشت ذرت در سطح یک درصد تحت تاثیر برهمکنش تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی معنی‌دار بود (جداول۲ و ۵).

عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم

براساس نتایج این پژوهش حفظ بقایای گیاهی ذرت و کاهش عملیات خاک‌ورزی منجر به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم شد. در تناوب گندم-ذرت-گندم، بیشترین عملکرد دانه گندم (۸۱۱۳/۱۸ کیلوگرم در هکتار) در سامانه کم خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی ذرت

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس خاک‌ورزی، بقایای گیاهی ذرت و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در متر مربع	عملکرد بیولوژیک	عملکرد کاه	شاخص برداشت
سال (Y)	۲	۱۴۳۴۰۹۲/۸^{ns}	۱۰/۷۷^{ns}	۴۰۲۹۵۹۰/۰^{ns}	۵۰۰۶۱۰۶/۵^{ns}	۲۵۹۴۰۳۷/۱^{ns}	۱۴/۲۳^{ns}
خطای اول (a)	۶	۹۳۰۸۵۸/۳	۱۴/۲۹	۴۱۴۱۱۳۴/۰	۷۸۴۹۵۲۷/۰	۳۴۲۹۴۵۹/۲	۵/۱۷
خاک‌ورزی (T)	۲	۵۱۰۴۳۰۱۲/۳**	۹۵/۹۵*	۲۳۰۸۶۲۳۰۱/۴**	۲۱۷۶۹۵۰۲۳/۸**	۵۷۹۳۱۲۷۱/۴**	۱۵۲/۹۷**
Y×T	۴	۴۱۶۲۳۲۱/۶^{ns}	۲۲/۴۹^{ns}	۲۲۵۱۶۹۸/۵^{ns}	۲۹۰۰۴۵۱۷/۴^{ns}	۸۱۵۳۲۴۰/۷^{ns}	۱۹/۶۴^{ns}
خطای دوم (b)	۱۲	۱۰۱۶۲۶۱/۷^{ns}	۷/۹۹^{ns}	۳۶۷۸۵۶۱/۲^{ns}	۷۸۰۸۸۷۵/۸^{ns}	۳۳۴۱۶۳۸/۲^{ns}	۲/۷۶^{ns}
بقایا (R)	۱	۱۸۷۷۴۹۴۷/۹**	۱۷۸/۲۸**	۴۲۳۳۳۰۹۹/۰*	۵۲۱۰۰۱۰۴/۸*	۸۳۲۳۴۱۷/۹^{ns}	۹۹/۲۸*
T×R	۲	۹۴۲۵۸۶۷/۶*	۳۰/۱۸*	۱۵۲۹۰۰۳۲/۱*	۳۴۸۷۲۳۵۷/۹*	۱۵۴۲۸۰۹۷/۷*	۲/۵۷^{ns}
Y×R	۲	۵۶۳۳۱۵۳/۰^{ns}	۱۶/۳۹^{ns}	۱۳۷۰۸۸۶۷/۵^{ns}	۱۴۲۸۹۵۳۴/۱^{ns}	۸۶۵۴۰۰۰/۹^{ns}	۱۰/۱۴^{ns}
Y×T×R	۴	۳۶۸۷۶۷۹/۳^{ns}	۸/۹۱^{ns}	۱۴۰۱۱۲۵۷/۳^{ns}	۱۷۹۴۱۴۳۲/۴^{ns}	۹۲۵۳۷۱۵/۳^{ns}	۱۵/۶۷^{ns}
خطای باقی مانده (c)	۱۸	۸۶۱۱۰۲/۱	۱۱/۲۰	۳۰۹۷۳۹۳/۳	۵۶۳۳۱۲/۸	۲۱۹۴۱۰۱/۹	۲/۹۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۹۵	۹/۰۱	۱۳/۵۸	۱۸/۵۵	۱۹/۶۶	۶/۱۳

^{ns}، * و ** به ترتیب بیانگر نداشتن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول۳- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری خاک‌ورزی و بقایای گیاهی ذرت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم (میانگین سه سال)

سامانه خاک-ورزی	بقایای گیاهی	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در متر مربع	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کاه ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)
خاک‌ورزی رایج	حذف بقایا	۵۷۳۸/۴۶^{b}	۳۷/۵۵^{a}	۱۰۹۳۳/۶۷^{de}	۱۵۶۱۴/۶۹^{bc}	۹۸۷۶/۲۲^{abc}	۳۶/۷۷^{bc}
	حفظ بقایا	۶۵۱۹/۳۷^{b}	۳۸/۹۶^{a}	۱۷۰۲۸/۶۷^{b}	۱۶۳۱۹/۵۱^{ab}	۹۸۰۰/۱۴^{abc}	۴۰/۲۶^{a}
کم خاک‌ورزی	حذف بقایا	۶۰۸۶/۵۸^{b}	۳۷/۱۸^{a}	۱۴۹۵۹/۳۳^{bc}	۱۶۰۳۵/۷۶^{b}	۹۹۴۹/۱۷^{ab}	۳۸/۰۴^{ab}
	حفظ بقایا	۸۱۱۳/۱۸^{a}	۴۰/۱۸^{a}	۲۰۸۲۷/۳۳^{a}	۲۰۰۸۴/۳۶^{a}	۱۱۹۷۱/۱۸^{a}	۴۰/۰۳^{a}
بی خاک‌ورزی	حذف بقایا	۳۴۵۶/۳۴^{c}	۳۱/۲۴^{b}	۹۸۷۶/۰۰^{e}	۱۰۶۹۹/۲۳^{d}	۷۲۴۲/۸۸^{c}	۳۲/۴۲^{d}
	حفظ بقایا	۴۱۸۶/۷۳^{c}	۳۷/۷۲^{a}	۱۳۵۰۸/۰۰^{cd}	۱۱۸۳۹/۳۱^{cd}	۷۶۵۲/۵۸^{bc}	۳۵/۰۷^{c}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک می‌باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (دانکن=۵درصد).

جدول۴- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم

	عملکرد دانه	عملکرد کاه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	وزن ۱۰۰۰ دانه	تعداد دانه در مترمربع
عملکرد دانه	۱/۰۰					
عملکرد کاه	۰/۵۴^{ns}	۱/۰۰				
عملکرد بیولوژیک	۰/۷۵*	۰/۹۸**	۱/۰۰			
شاخص برداشت	۰/۸۷**	−۰/۶۱*	−۰/۷۰*	۱/۰۰		
وزن ۱۰۰۰ دانه	۰/۸۰**	۰/۶۷*	۰/۴۸^{ns}	۰/۷۷*	۱/۰۰	
تعداد دانه در مترمربع	۰/۷۹**	۰/۶۳*	۰/۴۹^{ns}	۰/۸۱**	−۰/۶۷*	۱/۰۰

ns، * و ** به ترتیب بیانگر نداشتن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

جدول۵- تجزیه واریانس خاک‌ورزی، بقایای گیاهی گندم و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در بلال	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
سال (Y)	۲	۴۰۳۰۹۲۸/۶^{ns}	۴۳۱/۷۹^{ns}	۱۹۶۱/۵۵^{ns}	۰/۶۷^{ns}	۷/۰۵^{ns}	۶۷۸۸۱۱۹/۷^{ns}	۱۵/۸۰^{ns}
خطای اول (a)	۶	۲۹۰۵۲۸۹/۴	۱۶۷۶/۴۷	۳۰۹۱/۲۵	۱/۵۶	۳۰/۱۲	۱۰۲۷۴۰۶۳/۱	۴/۴۴
خاک‌ورزی (T)	۲	۳۸۸۲۶۴۱۴/۶**	۶۷۴۱/۱۶*	۱۳۵۵۷/۵۵*	۱۶/۸۹*	۲۹۰/۶۷*	۱۱۳۰۴۷۴۸۶/۶*	۶۲/۹۸**
Y×T	۴	۱۱۷۶۶۵۲/۳^{ns}	۲۰۶۳/۸۲^{ns}	۱۰۴۰۸/۴۴^{ns}	۱/۲۲^{ns}	۵۲/۳۸^{ns}	۶۲۳۶۳۳۸۳/۱^{ns}	۸/۱۹^{ns}
خطای دوم (b)	۱۲	۷۵۲۰۰۲/۲^{ns}	۱۱۳۰/۰۱^{ns}	۳۵۴۲/۱۴^{ns}	۳/۰۰^{ns}	۴۴/۳۱^{ns}	۱۰۰۳۴۷۱۲/۳^{ns}	۱/۷۶^{ns}
بقایا (R)	۱	۶۷۱۸۹۶۸۴/۰**	۶۳۲/۱۵^{ns}	۷۹۵۰۳/۴۰**	۰/۰۷^{ns}	۵۱۰/۲۹**	۲۰۰۵۱۹۲۲۶/۴**	۸۳/۳۴**
T×R	۲	۱۲۴۶۲۷۰۳/۱*	۶۴۴۰/۸۳*	۴۴۵/۴۱^{ns}	۰/۲۹^{ns}	۷۵/۴۱*	۷۵۵۶۱۵۶/۷^{ns}	۶۵/۸۶**
Y×R	۲	۱۰۰۹۲۹۱۷/۶^{ns}	۲۹۸۵/۹۰^{ns}	۲۴۴۲/۷۴^{ns}	۲/۷۴^{ns}	۲۱/۱۲^{ns}	۱۸۱۸۵۴۲۴/۸^{ns}	۰/۹۲^{ns}
Y×T×R	۴	۱۴۱۸۳۹۵/۹^{ns}	۶۸۹/۶۸^{ns}	۳۶۵/۴۱^{ns}	۳/۲۹^{ns}	۴۲/۰۷^{ns}	۲۱۵۰۳۶۵۵/۸^{ns}	۶/۲۲^{ns}
خطای باقی مانده (c)	۱۸	۱۷۸۷۸۲۴/۵	۱۴۲۵/۸۸	۲۶۰۷/۲۵	۲/۳۷	۱۹/۷۵	۱۱۷۷۷۲۸۱/۰	۳/۲۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۰۵	۱۶/۰۹	۹/۸۴	۱۱/۴۵	۱۴/۰۳	۹/۳۷	۵/۸۸

^{ns}، * و ** به ترتیب بیانگر نداشتن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

حاصل شد. نتایج نشان داد حفظ بقایای گیاهی ذرت و کاربرد سامانه کم خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی رایج عملکرد دانه گندم را ۲٤/۵ درصد افزایش داد، درحالی‌که سامانه بی خاک‌ورزی منجر به کاهش ٤۸ درصدی عملکرد دانه گندم نسبت به سامانه کم خاک‌ورزی شد (جدول۳). هم‌چنین، نگهداری بقایای گیاهی ذرت در سامانه بی خاک‌ورزی منجر به افزایش ۲۱ درصدی عملکرد دانه گندم نسبت به شرایط حذف بقایای گیاهی ذرت گردید. کاربرد سامانه کم خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی ذرت منجر به افزایش بیش از ۲۰ درصدی عملکرد کاه گندم (۱۱۹۷۱/۱۸ در مقابل ۹۸۷٦/۲۲ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سامانه خاک‌ورزی رایج و حذف بقایای گیاهی ذرت شد. در شرایط حذف بقایای گیاهی ذرت کمترین عملکرد کاه گندم (۷۲٤۲/۸۸ کیلوگرم در هکتار) در سامانه بی خاک‌ورزی به دست آمد که در مقایسه با حفظ بقایای گیاهی در سامانه خاک‌ورزی مشابه حدود پنج درصد کاهش یافت. بیشترین شاخص برداشت گندم (حدود ٤۰ درصد) در شرایط حفظ بقایای گیاهی ذرت و کاربرد سامانه‌های خاک‌ورزی رایج و کم خاک‌ورزی حاصل شد (جدول۳). نتایج همبستگی نیز نشان داد که بیشترین میزان همبستگی میان عملکرد دانه گندم با وزن هزار دانه گندم (r^2=۰/۸۰**) مشاهده شد که سامانه کم خاک‌ورزی و حفظ بقایای ذرت در مقایسه با خاک‌ورزی رایج و حذف بقایا باعث افزایش هفت درصدی آن گردید. هم‌چنین، بررسی همبستگی میان عملکرد دانه گندم با شاخص برداشت گندم نشان دهنده یک ارتباط مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۸۷**) بود (جدول٤).

عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت

در کشت ذرت نیز حفظ بقایای گیاهی گندم و کاهش عملیات خاک‌ورزی منجر به افزایش عملکرد دانه ذرت شد. بطور مشابه، بیشترین عملکرد دانه ذرت (۱٤٤٤۷/٦٤ کیلوگرم در هکتار) در شرایط حفظ بقایای گیاهی گندم و عملیات کم خاک‌ورزی حاصل شد. نتایج نشان داد انجام عملیات خاک‌ورزی رایج و یا کم خاک‌ورزی همراه با حفظ بقایای گیاهی گندم منجر به افزایش ۳٤ درصدی

عملکرد دانه ذرت در مقایسه با سامانه بی خاک‌ورزی شد. علاوه براین، نگهداری بقایای گیاهی گندم در سامانه بی خاک‌ورزی عملکرد دانه ذرت را نسبت به شرایط حذف بقایا ۵/۵ درصد افزایش داد (جدول٦). بیشترین وزن هزار دانه (۲۵۹/٤۷ گرم)، تعداد دانه در ردیف (٤۵ عدد) و عملکرد بیولوژیک (٤۱۳۰۱/۹٦ کیلوگرم در هکتار) ذرت در شرایط حفظ بقایای گیاهی گندم و کاربرد سامانه کم خاک‌ورزی حاصل شد. درحالی که، بیشترین تعداد دانه در بلال (۵۷٦ عدد) و بیشترین شاخص برداشت ذرت (۳٦/۸۲ درصد) در سامانه خاک‌ورزی رایج به دست آمد (جدول٦). نتایج تجزیه همبستگی میان صفات عملکردی ذرت نشان داد که تعداد دانه در بلال با اثر مستقیم برابر با r^2=۰/۸۲** و تعداد دانه در ردیف با اثر مستقیم برابر با r^2=۰/۸٤** به ترتیب بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه ذرت داشتند (جدول۷). به عبارت دیگر از بین اجزای عملکرد، بیشترین همبستگی میان عملکرد دانه ذرت و تعداد دانه در ردیف بلال ذرت مشاهده شد و سامانه کم خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی گندم در مقایسه با عملیات خاک‌ورزی رایج و حذف بقایا باعث افزایش ۲۵ درصدی آن شد. هم‌چنین، بررسی همبستگی میان عملکرد دانه ذرت با شاخص برداشت نشان دهنده یک ارتباط مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۹٦**) بود (جدول۷).

نتایج این پژوهش نشان داد کاهش عملیات خاک-ورزی و حفظ بقایای گیاهی می‌تواند در مقایسه با انجام عملیات خاک‌ورزی رایج و حذف بقایا منجر به بهبود پتانسیل عملکرد محصول در تناوب ممتد گندم–ذرت گردد. براساس نتایج پژوهش‌های مختلف، کاهش عملیات خاک‌ورزی و باقی گذاشتن بقایای گیاهی نقشی موثر در بهبود ساختمان و حاصلخیزی خاک دارد و این امر به تدریج منجر به افزایش ماده آلی و کاهش تبخیر آب از سطح خاک می‌گردد. بنابراین، با افزایش ماده آلی و بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی محیط خاک شرایط رشد و نمو گیاه زراعی بهبود می‌یابد و به دنبال آن عملکرد محصول افزایش خواهد یافت (لی و همکاران ۲۰۰۷ و رومرو–پرزگروواز و همکاران ۲۰۱٤). نجفی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۵) اظهار کردند که بیشترین عملکرد دانه ذرت در سامانه کم خاک‌ورزی حاصل شد و دلیل آن را بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک عنوان کردند که نقش موثری در توسعه ریشه گیاه زراعی در خاک و دسترسی بیشتر گیاه زراعی به آب و عناصر غذایی خاک داشت. علیجانی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک اغلب موجب افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌گردد، اما در برخی شرایط، به دلایل مختلفی چون کمبود ادوات مناسب و ناکافی بودن دانش کشاورزان در مدیریت بقایا، موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی می‌شود. هم‌چنین، کاهش استقرار و رشد اولیه گیاهچه، تاخیر در استقرار و تغییر خصوصیات فیزیکی خاک از عوامل کاهش عملکرد در سامانه بی خاک‌ورزی گزارش شده است (محمدی و همکاران ۲۰۰۹). بر اساس نتایج پژوهش‌های نورود (۲۰۰۰)، بالاترین میزان عملکرد گندم در تناوب با ذرت؛ در سامانه کم خاک‌ورزی به دست آمد که این افزایش عملکرد، بیشتر به دلیل افزایش تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله بود که با نتایج حاصل از این پژوهش که بیشترین وزن هزار دانه (٤۰/۱۸ گرم) و تعداد دانه در مترمربع (۲۰۸۲۷/۳۳) گندم در شرایط حفظ بقایای گیاهی ذرت و کاربرد سامانه کم خاک‌ورزی حاصل شد، مطابقت داشت. محمدی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که عملکرد دانه گندم در سامانه کم خاک-ورزی (گاوآهن قلمی) به دلیل افزایش رطوبت خاک و بهبود خواص فیزیکی خاک در مقایسه با سامانه خاک-ورزی رایج به مراتب بیشتر بود که این امر منجر به افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله گندم شد. گوارتز و همکاران (۲۰۰۵ و ۲۰۰۷) گزارش کردند که در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی، عملکرد دانه ذرت و گندم در کشت ممتد گندم–ذرت در شرایط حفظ بقایای گیاهی نسبت به حذف بقایا بیش از ۳۰ درصد افزایش یافت که

با نتایج حاصل از این پژوهش که باقی گذاشتن بقایای گیاهی در تمام سامانه‌های خاک‌ورزی منجر به بهبود عملکرد محصول شد، هم‌خوانی داشت. بنیامین و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که سرعت افزایش ماده آلی خاک در سامانه بی خاک‌ورزی با سرعت تغییرات ناشی از ماده آلی خاک هم‌فاز نیست. به عبارت دیگر، تاثیر

جدول۶- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت (میانگین سه سال)

سامانه خاک‌ورزی	بقایای گیاهی	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	وزن ۱۰۰۰ دانه (g)	تعداد دانه در بلال	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)
خاک‌ورزی رایج	حذف بقایا	۱۰۵۰۴/۳۷^{c}	۲۰۷/۶۰^{bc}	۵۰۵/۳۳^{cd}	۱۴/۰۰^{ab}	۳۶/۲۲^{bc}	۳۴۶۴۶/۷۰^{cd}	۳۰/۱۱^{c}
	حفظ بقایا	۱۴۴۰۸/۶۹^{a}	۲۵۲/۱۳^{a}	۵۷۶/۶۷^{a}	۱۳/۷۸^{ab}	۴۲/۸۹^{ab}	۳۹۱۷۱/۶۲^{ab}	۳۶/۸۲^{a}
کم خاک‌ورزی	حذف بقایا	۱۲۲۳۵/۳۱^{b}	۲۵۲/۳۴^{a}	۴۹۱/۱۱^{cd}	۱۲/۲۲^{c}	۴۰/۴۴^{ab}	۳۶۶۲۵/۱۸^{bc}	۳۳/۵۰^{b}
	حفظ بقایا	۱۴۴۴۷/۶۴^{a}	۲۵۹/۴۷^{a}	۵۶۱/۷۸^{ab}	۱۲/۴۴^{bc}	۴۵/۳۳^{a}	۴۱۳۰۱/۹۶^{a}	۳۴/۹۷^{b}
بی خاک‌ورزی	حذف بقایا	۱۰۱۸۵/۳۱^{c}	۲۳۳/۶۵^{ab}	۴۴۳/۷۸^{d}	۱۴/۲۲^{a}	۳۱/۴۴^{c}	۳۲۷۹۶/۹۶^{d}	۳۱/۰۵^{c}
	حفظ بقایا	۱۰۷۶۱/۴۲^{c}	۲۰۲/۵۲^{c}	۵۳۲/۰۰^{abc}	۱۴/۰۰^{ab}	۳۸/۳۳^{abc}	۳۵۱۵۷/۲۴^{cd}	۳۰/۳۱^{c}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک می‌باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (دانکن=۵درصد).

جدول۷- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت

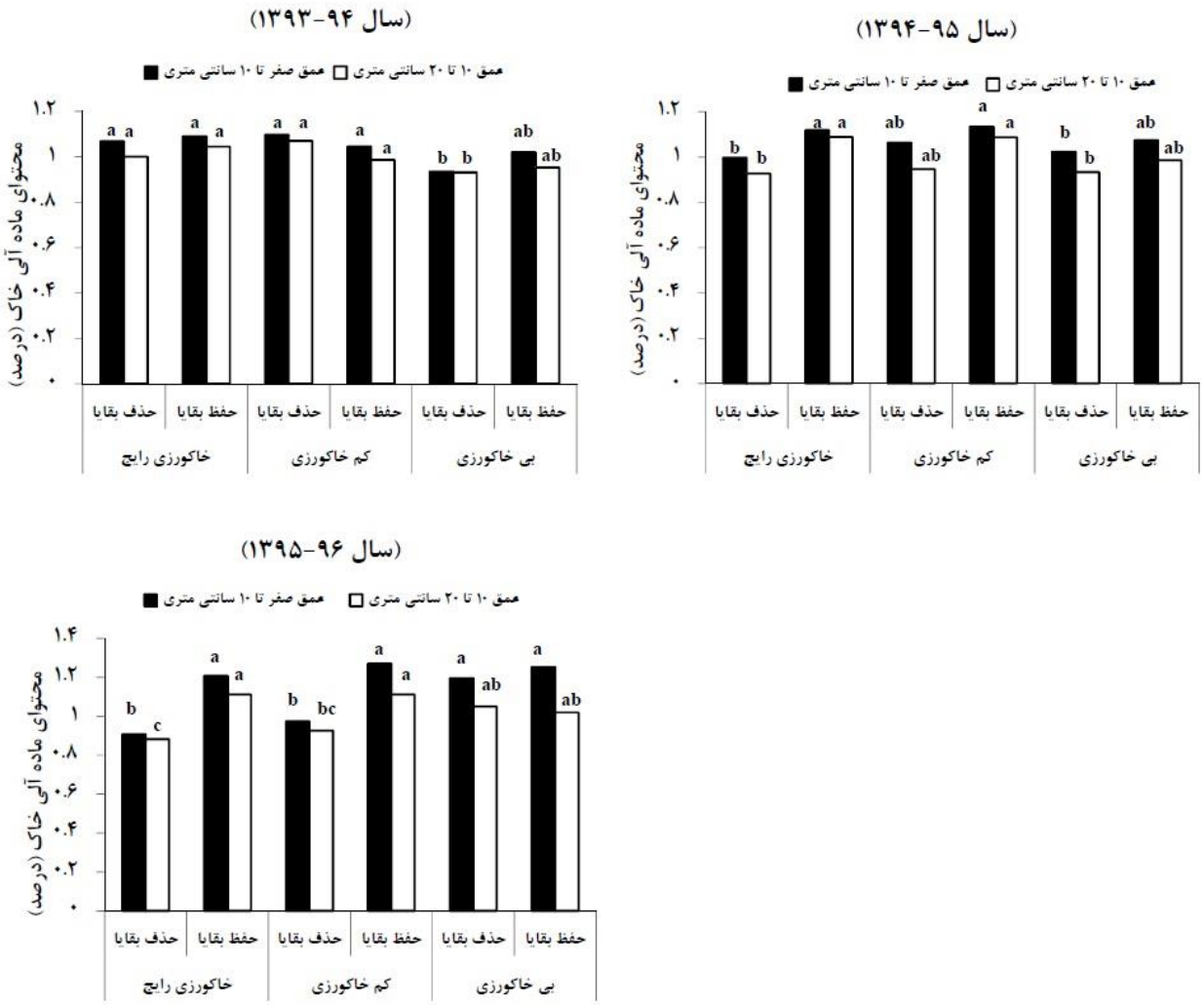
	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	وزن ۱۰۰۰ دانه	تعداد دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال
عملکرد دانه	۱/۰۰						
عملکرد بیولوژیک	۰/۶۳*	۱/۰۰					
شاخص برداشت	۰/۹۶**	−۰/۶۶*	۱/۰۰				
وزن ۱۰۰۰ دانه	۰/۶۷*	۰/۴۹^{ns}	۰/۷۵*	۱/۰۰			
تعداد دانه در بلال	۰/۸۲**	۰/۵۷^{ns}	۰/۹۱**	−۰/۶۵*	۱/۰۰		
تعداد دانه در ردیف	۰/۸۴**	۰/۶۱*	۰/۹۰**	۰/۴۹^{ns}	۰/۸۷**	۱/۰۰	
تعداد ردیف در بلال	۰/۵۰^{ns}	۰/۴۵^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۰/۳۴^{ns}	۰/۶۱*	۰/۷۶*	۱/۰۰

^{ns}، * و ** به ترتیب بیانگر نداشتن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

ناشی از افزایش ماده آلی در خاک نیازمند زمان بیشتری می‌باشد. برای مثال افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود پایداری خاکدانه‌ها با گذشت زمان و به تدریج رُخ می‌دهد. از این‌رو به نظر می‌رسد در سامانه بی خاک-ورزی باید فرصت کافی وجود داشته باشد تا با بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، عملکرد محصول نیز افزایش یابد. براساس نتایج پژوهش‌های مختلف، کاهش تردد وسایل و ماشین آلات، کاهش فشردگی، افزایش تخلخل و عدم به هم زدن خاک و کاهش پودر شدن و سله بستن خاک، افزایش ذخیره رطوبتی از دلایل موثر افزایش عملکرد محصول در سامانه کم خاک‌ورزی در مقایسه با سایر روش‌های خاک‌ورزی می‌باشد (سامراجیوا و همکاران ۲۰۰۶ و فونتز و همکاران ۲۰۰۹).

محتوای ماده آلی خاک

تغییرات ماده آلی خاک نیز نشان داد حفظ بقایای گیاهی گندم و یا ذرت منجر به افزایش محتوای ماده آلی خاک می‌شود و بطور میانگین میزان ماده آلی خاک در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری نسبت به عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری حدود هشت درصد بیشتر بود (شکل۱). در سال ۹۴-۱۳۹۳ و در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری، بیشترین ماده آلی خاک (۱/۰۹ درصد) در سامانه خاک-ورزی رایج و حفظ بقایای گیاهی حاصل شد که در مقایسه با عملیات کم خاک‌ورزی و حفظ بقایا حدود چهار درصد افزایش یافت. در سال‌های ۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵، بیشترین ماده آلی خاک در شرایط حفظ بقایای گیاهی با انجام عملیات کم خاک‌وزی حاصل شد (شکل۱). علاوه براین، بیشترین درصد ماده آلی خاک در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متری با کاربرد عملیات خاک‌ورزی رایج و کم خاک‌ورزی در شرایط حفظ بقایای گیاهی حاصل شد. در سال ۹٦-۱۳۹۵، در شرایط حذف بقایای گیاهی کاربرد سامانه خاک‌ورزی رایج در مقایسه با سامانه کم خاک-ورزی محتوای ماده آلی خاک را در عمق ۱۰-۲۰ سانتی-متری ٤/۳۵ درصد کاهش داد. پس از سه سال تناوب ممتد گندم-ذرت، حفظ بقایای گیاهی در سامانه خاک-ورزی رایج نسبت به حذف بقایا محتوای ماده آلی خاک را در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متری ۲٦ درصد (۱/۱۱ در مقابل ۰/۸۸ درصد) افزایش داد (شکل۱). بر اساس نتایج پژوهش‌های مختلف، تغییرات ماده آلی خاک متناسب با مقدار بقایای گیاهی برگردانده شده به خاک است (چگنی و همکاران، ۲۰۱٤)، در واقع روش خاک‌ورزی بر نگهداری و حفظ ماده آلی خاک تاثیر می‌گذارد و خاک-ورزی با گاوآهن برگردان‌دار (خاک‌ورزی رایج) شرایط برای اکسیداسیون ماده آلی را افزایش می‌دهد (حمزه‌ئی و بوربور ۲۰۱٤). یو و همکاران (۲۰۰٦) بیان کردند که هوادهی و شکستن خاکدانه‌ها در سامانه خاک‌ورزی رایج موجب کاهش ماده آلی خاک می‌شود. به عبارت دیگر، تشدید عملیات خاک‌ورزی باعث می‌شود مواد آلی خاک به سطح آمده و در معرض اکسیژن قرار گیرد که این امر موجب اکسید شدن مواد آلی و از دست رفتن آن می‌شود که با نتایج حاصل از این پژوهش که کمترین محتوای ماده آلی خاک در سامانه خاک‌ورزی رایج و حذف بقایای گیاهی مشاهده شد، هم‌خوانی داشت. در مقابل، خاک-ورزی حفاظتی در مقایسه با روش خاک‌ورزی رایج موجب کاهش تعداد عملیات زراعی، افزایش رطوبت خاک، کاهش تخریب ساختمان خاک و اکسیداسیون ماده آلی خاک می‌شود. بُنو و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی مقدار ورودی ماده آلی به خاک بیشتر از خاک‌ورزی رایج است. از این رو مقدار ماده آلی و هم‌چنین عملکرد گیاهان در این مزارع بیشتر می‌گردد. شهپری و همکاران (۲۰۱٦) اظهار داشتند حضور بقایای گیاهی در سطح مزرعه می‌تواند موجبات بهبود ماده آلی خاک، افزایش محتوای رطوبت خاک و افزایش سرعت نفوذ آب در خاک را فراهم سازد. علاوه براین، بقایای گیاهی می‌تواند به عنوان یک منبع غذایی برای گیاه زراعی به شمار رفته و حتی باعث کاهش هزینه تولیدات کشاورزی شود. کینجیا و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که کاهش عملیات خاک‌ورزی و حفظ بقایا منجر به



شکل ۱- محتوای ماده آلی خاک در دو عمق خاک تحت تاثیر روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی در تناوب گندم-ذرت
(ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

افزایش قابل توجه ماده آلی خاک در لایه ۳۰ سانتی-متری و فسفر قابل دسترس در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک شد.

نتیجه گیری کلی

الگوی کشت متداول زراعی در برخی از مناطق استان فارس (حومه زرقان و اراضی زیر سد درودزن) کشت پیاپی گندم و یا ذرت است که این الگوی کشت با توجه به محدودیت‌های منابع کمی و کیفی آب، امکان اجرای تناوب زراعی مناسب را غیر ممکن ساخته است. در چنین شرایطی استفاده و توسعه سامانه‌های کشت حفاظتی در الگوی تناوب رایج گندم-ذرت می‌تواند به حفظ و صیانت از منابع تولید از قبیل آب، خاک و محیط زیست کمک نماید. هم‌چنین، روش‌های صحیح خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی از روش‌های مناسب برای حرکت در راستای کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک است که نقش مهمی را در پایداری سامانه‌های تولیدی محصولات کشاورزی ایفا می‌کنند. نتایج این پژوهش نشان داد که حفظ بقایای گیاهی در تمام سامانه‌های

خاک‌ورزی مورد ارزیابی، ضمن بهبود درصد ماده آلی خاک نقش مثبتی نیز در حفظ پتانسیل عملکرد محصول دارد. بطور کلی و با توجه به اینکه حفظ بقایای گیاهی موجب افزایش درصد ماده آلی خاک می‌شود، این کاربرد توصیه می‌گردد و در مناطق خشک و نیمه خشک که کشت ممتد گندم-ذرت اتفاق می‌افتد انجام عملیات کم خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی به صورت ایستاده و با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر (معادل ۳۰ درصد بقایا) می‌تواند موجب افزایش محتوای ماده آلی خاک و حفظ پتانسیل عملکرد هر دو محصول گردد.

منابع مورد استفاده

Abdolahi F, Ghadiri H and Bahrani MG, 2010. Effect of tillage, wheat residue management and nitrogen on yield and yield components of corn. Iranian Journal of Field Crop Research, 8(2): 336-346. (In Persian).

Afzalinia S and Karami AD, 2018. Effect of conservation tillage on soil properties and corn yield in the corn-wheat rotation. Iranian Journal of Biosystem Engineering, 49(1): 129-137. (In Persian).

Alijani Kh, Bahrani MJ and Kazemeini SAR, 2011. Effect of tillage methods and corn residue on growth, yield and yield components of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research, 9(3): 113-122. (In Persian).

Allmaras RR, Schomberg HH, Douglas Jr CL and Dao TH, 2000. Soil organic carbon sequestration potential of adopting conservation tillage in US cropland. Journal of Soil and Water Conservation 55:365-373.

Bani-Asadi R, Tohidi-Nejad AA and Mohammadi-Nejad Gh, 2014. Evaluation of effects of tillage methods and barley residues management on corn production. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24(4): 61-69. (In Persian).

Benjamin JG, Mikha MM and Merle FR, 2008. Organic carbon effects on soil physical and hydraulic properties in a semi-arid climate. Soil Science Society of American Journal, 72:1357-1362.

Bono A, Alvarez R, Buschiazzo DE and Cantet RJC, 2008. Tillage effects on soil carbon balance in a semiarid agroecosystem. Soil Science Society of America Journal 72:1140-1149.

Chegni M, Ansari-Doost Sh and Skandari HA, 2014. Effect of tillage method and plant residue management on some physical properties of soil in order to achieve sustainable agriculture. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24(2): 31-40. (In Persian).

Fuentes M, Govaerts B, De Len F, Hidalgo C, Dendooven L, Sayre KD and Etchevers J, 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. European Journal of Agronomy, 30: 228-237.

Govaerts B, Sayre KD and Deckers J, 2005. Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting? Field Crop Research, 94: 33-42.

Govaerts B, Fuentes M, Mezzalama M, Julie M, Deckers J, Etchevers JD, Figueroa-Sandoval B and Sayre KD, 2007. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. Soil and Tillage Research, 94: 209-219.

Hamedi F and Parvizi Y, 2016. Evaluation of long-term effects of tillage methods and crop rotation on organic carbon storage of soil. Iranian Journal of Soil Research, 30(3): 271-280. (In Persian).

Hamzei J and Borbor A, 2014. Effect of different soil tillage methods and cover crops on yield and yield components of corn and some soil characteristics. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24(3): 35- 46. (In Persian).

Hasanzadeh-Moghadam H, Gloy M, Romrodi M and Sharifi HR, 2017. Influence of tillage method and residue retention on yield and some agronomic characteristics of forage corn in water stress conditions. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(4): 137-151. (In Persian).

Heidari A, 2004. Effect of residual management and tillage depth on wheat yield and soil organic matter in corn-wheat rotation. Journal of Agricultural Engineering Research, 19: 81-93. (In Persian).

Jalali AH and Sfandiari H, 2016. Effect of tillage systems and crop rotations on wheat yield. Journal of Plant Productions, 39(2): 43-56. (In Persian).

Jin H, Hongwen L, Rasaily RG, Qingjie W, Guohua C, Yanbo S, Xiaodong Q and Lijin L, 2011. Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat-corn cropping system in north China Plain. Soil and Tillage Research, 113: 48-54.

Kettler TA, Lyon DJ, Doran JW, Powers WL and Strou WW, 2000. Soil quality assessment after weed-control tillage in a No-Till wheat–fallow cropping system. Journal of Soil Science Society of America, 64: 355-364.

Li HW, Gao HW, Wu HD, Li WY, Wang XY and He J, 2007. Effects of 15 years of conservation tillage on soil structure and productivity of wheat cultivation in northern China. Australian Journal of Soil Research, 45: 344-350.

Liang Y, Gollany HT, Rickman RW, Albrecht SL, Follett RF, Wilhelm WW, Novak JM and Douglas CL, 2008. Emulation of management practice effects on long-term soil organic carbon. Soil Science Society of American Journal, 72(5): 1486-1492.

Małecka I, Blecharczyk A, Sawinska Z, Swędrzyńska D and Piechota T, 2015. Winter wheat yield and soil properties response to long-term non-inversion tillage. Journal of Agricultural Science and Technology, 17: 1571-1584.

Messiga AJ, Ziadi N, Morel C, Grant C, Tremblay G, Lamarre GV and Parent LE, 2012. Long-term impact of tillage practices and biennial P and N fertilization on corn and soybean yields and soil P status. Field Crop Research, 133: 10-22.

Mohammadi Kh, Nabi Allahi K, Aghaalikhani M and Khoormali F, 2009. Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rain-fed wheat. Journal of Plant Production, 16(4): 77-91.

Najafinezhad H, Rashidi N and Ravari SZ, 2005. Effect of seedbed preparation methods on yield of grain maize and some soil properties in double cropping system. Seed and Plant, 21: 315-330.

Norwood CA, 2000. Dry-land winter wheat as affected by previous crops. Agronomy Journal, 92: 121-127.

Qingjiea W, Caiyuna L, Hongwena L, Jina H, Kumer Sarker K, Rabi G, Rasaily A, Liang Zhonghuic L, Xiaodonga Q, Huia L and David Jack A, 2014. The effects of no-tillage with sub-soiling on soil properties and corn yield: 12-year experiment on alkaline soils of Northeast China. Soil and Tillage Research, 137: 43-49.

Romero-Perezgrovas R, Verhulst N, Delarosa D, Hernandez V, Maertens M, Deckers J and Govaerts B, 2014. Effects of tillage and crop residue management on corn yields and net returns in the Central Mexican Highlands under drought conditions. Soil Science Society of China, 24: 476-486.

Safari A, Asoodar MA, Ghasemei-Nejad M and Abdali-Mashhadi AR, 2015. Effect of residue management, different conservation tillage and seeding on soil physical properties and wheat grain yield. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 23(2): 49-59. (In Persian).

Samarajeewa KBDP, Horiuchi T and Oba S, 2006. Finger millet (*Eleucine corocana* L. Garetn) as a cover crop on weed control, growth and yield of soybean under different tillage systems. Soil and Tillage Research, 90: 93-99.

Shahpari Z, Fateh E and Aenehband A, 2016. Different residue type and management, and nitrogen on yield and quality of durum wheat (*Triticum durum* L.), and soil macro elements. Journal of Crop Production, 9(3): 87-104. (In Persian).

Wilhelm WW, Johnson JMF, Hatfield JL and Linden DR, 2004. Crop and soil productivity response to corn residue removal. Agronomy Journal, 96: 1-17.

Yoo G, Nissen TM and Wander MM, 2006. Use of physical properties to predict the effects of tillage practices on organic matter dynamics three Illinois soils. Journal of Environmental Quality 35:1567-1583.