

تأثیر روش خاک‌ورزی و حفظ بقایا بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی ذرت علوفه‌ای در شرایط تنش آبی

هادی حسن زاده مقدم^{۱،۲*}، محمد گلوی^۳، محمود رمرودی^۴، حمید رضا شریفی^۵

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۳

- ۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
 - ۲- مربی پژوهش بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
 - ۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
 - ۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
 - ۵- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
- *مسئول مکاتبه: E-mail: hasanzadem@yahoo.com

چکیده

آزمایش با هدف بررسی تأثیر روش خاک‌ورزی و حفظ بقایا، بر عملکرد، اجزای عملکرد، کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای و برخی خصوصیات شیمیایی خاک، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه رخ شهرستان تربت حیدریه استان خراسان رضوی، در قطعه زمینی که از پاییز سال ۱۳۹۱ تحت مدیریت نظام کشاورزی حفاظتی بود، با استفاده از کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. مدیریت مزرعه در دوره سه ساله قبل از انجام این آزمایش، به گونه‌ای بود که تیمارهای خاک‌ورزی و مدیریت بقایا مشابه همین آزمایش، و با کرت‌های ثابت، بصورت تناوب گندم-شبدر-چغندر قند - جو اعمال گردید. تیمارها شامل شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی (بدون خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی متداول)، مدیریت بقایا (صفر، ۳۰ و ۶۰ درصد حفظ بقایا) و تنش آبی (آبیاری با ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) بودند. نتایج نشان داد که اثر روش خاک‌ورزی بر عملکرد علوفه معنی‌دار بود و در تیمار کم خاک‌ورزی بیش از ۶ درصد نسبت به خاک‌ورزی رایج، افزایش عملکرد مشاهده شد. تیمار حفظ بقایا بر هیچ یک از ویژگی‌های مورد بررسی تأثیر معنی‌داری نداشت ولی تیمار تنش آبی تأثیر معنی‌داری بر میزان عملکرد علوفه، شاخص کیفی علوفه، قطر ساقه، کارایی مصرف آب و طول دوره تاسل‌دهی داشت. روش کم خاک‌ورزی همراه با حفظ ۶۰ درصد بقایا، با دارا بودن عملکرد ۴۱۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و کارایی مصرف آب ۷/۲ کیلوگرم در متر مکعب، از راهکارهای مناسب در مقایسه با سایر روش‌ها بود.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، خاک‌ورزی، ذرت، عملکرد علوفه، کارایی مصرف آب

Influence of Tillage Method and Residue Retention on Yield and some Agronomic Characteristics of Forage Maize in Water Stress Conditions

Hadi Hasanzadeh Moghadam^{1,2*}, Muhammad Galavi³, Mahmoud Ramroudi⁴, Hamid Reza Sharifi⁵

Received: February 6, 2017 Accepted: October 25, 2017

1-PhD Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.

2-Scientific Member of Seed and Plant Improvement Research Dept., Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

3-Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.

4-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.

5-Assist. Prof., Dept. of Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, Iran.

*Corresponding Author: E-mail: hasanzadem@yahoo.com

Abstract

Minimal soil movement and retention of rational amounts of crop residue in crop rotation are the principles of conservation agriculture system. In order to study the effects of tillage method and residue retention on yield, yield components and water use efficiency of forage maize and some soil chemical characteristics in water stress conditions, this experiment conducted in Jolg-e-Rokh research station (Torbat-e-Heydarye, Razavi Khorasan Province) in 2015. Used farm, has been managed under the conservation agriculture system from 2012 (with similar treatments of this experiment and fixed plots in wheat-clover-beet-barley crop rotation). The experiment was conducted as split split plot in randomized complete block design with three replications. Treatments were Tillage method (no tillage, minimum tillage and conventional tillage), residue retention rate (0, 30 and 60 percent) and water stress (50, 75 and 100 percent of irrigation water). Results showed that various tillage methods were significantly effective on yield, and minimum tillage in compare with conventional tillage, increased forage yield over %6. Residue retention treatment did not have significant effects on yield and another studied characteristic but water stress treatment had significant effects on forage yield, forage quality index, stem diameter, water use efficiency and tasseling period. Applying minimum tillage with %60 residue retention with 41180 kg.ha⁻¹ forage yield and 7.2 kg.m⁻³water use efficiency, was a good solution in comparison with other methods.

Keywords: Crop Retention, Forage Yield, Maize, Tillage, Water Use Efficiency

مقدمه

رساندن فشار بر محیط زیست خواهد بود. استفاده از مدیریت‌های مولد، اما با پایداری بالاتر، به حل مشکلات موجود کمک خواهد کرد. کشاورزی حفاظتی یکی از راهکارهای بشر برای مقابله با محدودیت نهاده‌های اولیه

تولید محصولات کشاورزی به مقدار مناسب در دهه‌های آینده، مستلزم تولید پایدار محصول، بوسیله افزایش کارایی استفاده از منابع طبیعی و همچنین به حداقل

آمده تحت تیمارهای اعمال شده، با سرعت نفوذ آب و همچنین محتوی رطوبتی خاک تحت تاثیر این تیمارها، از نکات جالب توجه بود. در این تحقیق تناوب زراعی ذرت - گندم در ترکیب با باقی گذاشتن تمامی بقایای گیاهی تحت سیستم بدون شخم، منتج به حصول بیشترین میزان عملکرد شد.

در بسیاری از مناطق، مشاهده شده که خاک‌ورزی حفاظتی باعث بهبود ساختمان خاک و حاصلخیزی آن و در نتیجه افزایش عملکرد ذرت شده است (آسه و پیکولی ۱۹۹۵ و رونالد ۱۹۹۷). بنا به اظهار لی و همکاران (۲۰۰۷)، خاک‌ورزی حفاظتی و باقی گذاشتن بقایا روشی موثر برای بهبود ساختمان و حاصلخیزی خاک بوده و در ضمن باعث کاهش تخریب آب از سطح خاک نیز می‌شود.

رومرو - پرزگروواز و همکاران (۲۰۱۴) تحقیقی را در سال ۲۰۰۹ بعد از اینکه زمین‌های مرکزی مکزیک متحمل خشکی طولانی مدتی شده بودند، شروع کردند. تحت شرایط خشکی، کشاورزی حفاظتی در سال اول و دوم بعد از انجام آن توسط کشاورزان، عملکردهای بالاتر و درآمد خالص بالاتری را نشان داد. در سال ۲۰۰۹ متوسط ۲۷ نقطه تحت مدیریت کشاورزان، عملکرد ذرت در سیستم کشاورزی حفاظتی ۲۶ درصد بیشتر از عملیات مرسوم بود. در سال ۲۰۱۰ مقدار بارندگی به میزان نرمال نزدیک‌تر بود، بنابراین میزان عملکرد در هر دو سیستم از سال ۲۰۰۹ بیشتر بود اما اختلاف عملکرد بین آنها به ۱۹ درصد کاهش یافت. وقتی اطلاعات مربوط به سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ با یکدیگر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت مشخص گردید که کشاورزی حفاظتی تاثیر مثبت ۱/۳ تن در هکتار عملکرد، به دنبال داشته است.

هابز و همکاران (۲۰۰۸) با انجام آزمایشات بلند مدت به این نتیجه رسیدند که تیمار خاک‌ورزی حفاظتی با باقی گذاشتن بقایا، از لحاظ آماری بهترین تیمار مورد بررسی بوده، ولی تغییرات نه چندان قابل توجهی را در عملکرد، در چند سال اول آزمایش مشاهده نمودند. بر اساس نظر

تولید، و از طرفی افزایش بهره‌وری نهاده‌هایی مانند آب و انرژی است. بر این اساس از دهه ۸۰ میلادی سیستم زراعی جدیدی به نام کشاورزی حفاظتی به عنوان راهکار بشر برای مقابله با مشکلات فراروی تولید پیشنهاد گردید. کشاورزی حفاظتی بر سه اصل حداقل جابجایی خاک، حفظ بخشی از پوشش بقایا و تناوب زراعی، در جهت سودآوری پایدار، بنا گردیده است (هابز و همکاران ۲۰۰۸). گسترش جهانی عملیات کشاورزی حفاظتی در حال حاضر به بیش از ۱۵۵ میلیون هکتار رسیده است (کسام و همکاران ۲۰۱۴).

گوارتز و همکاران (۲۰۰۵) آزمایش مزرعه‌ای طولانی مدتی را از سال ۱۹۹۱ در الباتان مکزیک انجام دادند. تیمارها عبارت از تناوب (کشت ممتد ذرت یا گندم و تناوب هردو آنها)، خاک‌ورزی (مرسوم، بدون خاک-ورزی و بستر ثابت) و مدیریت بقایای محصول (باقی-گذاشتن تمامی بقایا، مقداری از بقایا یا حذف کامل بقایا) بودند. نتایج به دست آمده نشان داد که بکارگیری سیستم بدون شخم همراه با باقی‌گذاشتن بقایا باعث افزایش عملکرد و پایداری آن می‌شود. آنها عنوان نمودند که باقی گذاشتن بقایا در مزرعه برای عملیات بدون شخم ضروری است و بایستی حداقل برای مدت پنج سال این کار انجام شده باشد. شخم مرسوم همراه یا بدون باقی-گذاشتن بقایا، عملکردهای بینابینی را به دنبال داشته و سیستم بدون شخم همراه با حذف بقایا باعث کاهش شدید عملکرد می‌شود. تیمارهای بدون شخم همراه با حذف قسمتی از بقایا، عملکردهایی معادل تیمارهایی داشتند که تمامی بقایا باقی گذاشته شده بودند.

گوارتز و همکاران (۲۰۰۷) در گزارش دیگری عنوان نمودند که در تحقیق آنها بیشترین میزان عملکرد ذرت و همچنین گندم در شرایط بدون شخم، باقی گذاشتن بقایا و در تناوب گندم - ذرت به دست آمد، در حالی که کمترین عملکرد در شرایط بدون شخم و همراه با حذف بقایا حاصل شد و افزایش عملکرد بیش از ۳۰ درصد را گزارش نمودند. همبستگی نزدیک میزان عملکرد به دست

بدون خاکورزی در مقایسه با سیستم مرسوم باعث افزایش ماده آلی خاک تا ۵۷/۸ و ۱۵/۱ درصد به ترتیب در لایه های ۰-۴ و ۴-۸ سانتی متری سطح خاک البته بعد از ده سال مدیریت سیستم بدون خاکورزی، گردید.

آلوارز (۲۰۰۵) گزارش کرده است که تفاوت معنی-داری در میزان کربن آلی خاک تحت شرایط کم خاک-ورزی در مقایسه با بی خاکورزی مشاهده نکرده، ولی تحت سیستم خاکورزی مرسوم این میزان کاهش داشته است.

در دهه های گذشته، حاکمیت دیدگاه های مبتنی بر کشاورزی فشرده سبب شده است تا هیچ یک از اصول سه گانه (کم یا بی خاکورزی، برگشت بقایا به خاک، و تناوب زراعی) از وضعیت مطلوبی در کشور ما برخوردار نباشد. در حال حاضر نیز علاوه بر این موارد متاسفانه بایستی چالش های مرتبط با سایر نهاده های اولیه تولید مانند کمبود منابع آب و افت سطح آب های زیرزمینی، بهره وری پایین مصرف منابع تولید (آب، کود، انرژی) و افزایش هزینه های انرژی را نیز به چالش های موجود اضافه نمود.

هدف از اجرای این تحقیق، بررسی تاثیر ارکان اصلی کشاورزی حفاظتی (حداقل جابجایی خاک، حفظ بخشی از پوشش بقایا) بر عملکرد و بعضی خصوصیات زراعی ذرت علوفه ای، و همچنین برخی خصوصیات شیمیایی خاک، و در نهایت، در صورت سودمندی تاثیر تیمارهای مورد بررسی، کمک در جهت توسعه این راهکار در عرصه تولید محصولات زراعی در نظام کشاورزی کشور می باشد.

مواد و روش ها

این آزمایش طی سال ۱۳۹۴ و در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه رخ تربت حیدریه) اجرا گردید. ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه رخ با طول جغرافیایی ۵۹ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه

آنها تفاوت کم عملکرد ذرت و گندم در پنج سال اولیه، موید این عقیده است که یک دوره انتقالی چند ساله، قبل از ایجاد تغییرات قابل توجه در خصوصیات خاک که توسط تغییرات مدیریتی رخ می دهد، مورد نیاز می باشد. در این تحقیق ظهور تغییرات در مقدار عملکرد در سال ششم و سال های بعد بود. افزایش ماده آلی، سطح نیتروژن و اندازه ذرات خاک سطحی در نتیجه کاربرد خاکورزی حفاظتی و باقی گذاشتن بقایا، از دیگر نتایج این آزمایش بود.

کینجی و همکاران (۲۰۱۴) با انجام تحقیقی دوازده ساله به بررسی تاثیر سیستم بدون خاکورزی همراه با حفظ بقایا بر عملکرد ذرت پرداختند. بر اساس نتایج به دست آمده، عملکرد ذرت در سه سال اول تفاوت معنی-داری با حالت رایج نداشت، ولی از سال چهارم، افزایش عملکرد مشاهده گردید. کارآیی مصرف آب از ۲۴/۳ تا ۲۸/۵ درصد در سال های بعد از کاربرد سیستم حفاظتی، نسبت به سیستم معمول افزایش داشت، ولی در دوره سه ساله اولیه انجام آزمایش، کارآیی مصرف آب نیز همانند عملکرد تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت. در این شرایط ماده آلی خاک در لایه ۰-۳۰ سانتی متری خاک به طور معنی-داری بالاتر بود در حالی که کل نیتروژن خاک کاهش، و فسفر قابل دسترس در عمق ۵ سانتی متری و ۵ تا ۱۰ سانتی متری خاک بطور قابل توجهی افزایش یافت ولی در لایه های پایین تر تفاوت قابل توجهی نداشت. همچنین کاهش جرم حجمی خاک و افزایش میزان تخلخل خاک به میزان ۲۰/۹ درصد در لایه ۰-۳۰ سانتی متری گزارش گردید. در نهایت آنها نتیجه گرفتند که بهبود عملکرد، تحت شرایط سیستم حفاظتی، می تواند ناشی از بهبود دسترسی گیاه به رطوبت، همراه با افزایش معمول در حاصلخیزی و سلامتی خاک باشد.

زیبلسکی و همکاران (۲۰۰۲) گزارش دادند که سیستم بدون شخم باعث غنای میزان کربن و ماده آلی خاک در لایه های بالایی خاک مناطق نیمه خشک و نیمه گرمسیری شده و در مقایسه انواع سیستم های خاکورزی، سیستم

تیمار شاهد، ب) مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح شامل: ۱- بدون بقایا (R_1)، ۲- حفظ ۳۰ درصد بقایای محصول قبلی (R_2) و ۳- حفظ ۶۰ درصد بقایای محصول قبلی (R_3)، در کرت‌های فرعی و ج) تنش آبی در سه سطح: ۱- آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی (S_1)، ۲- آبیاری با ۷۵ درصد نیاز آبی (S_2) و ۳- آبیاری با ۱۰۰ درصد نیاز آبی (S_3)، در کرت‌های فرعی بودند. به علت شرایط اقلیمی منطقه و وجود سرماهای زودرس پاییزه، کاشت محصول زراعی در فاصله زمانی بین برداشت و کاشت غلات زمستانه، در منطقه مرسوم نیست و به همین علت در این آزمایش از رقم زودرس هیبرید سینگل‌کراس KSC 260 (فجر) استفاده و برای رسیدن به تراکم بوته حدود ۱۰۰ هزار بوته در هکتار، میزان بذر مورد نیاز در حدود ۳۲ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. برای کاشت نرت از ردیفکار پنوماتیک کشت مستقیم، ساخت شرکت تراشکده، استفاده گردید. این ردیفکار چهار ردیفه بوده و با دارا بودن دو نوع تیغه‌های دوار و برنده در هر ردیف، قادر است با بریدن و خرد کردن بقایا و سطح خاک در منطقه محدود محل کاشت بذر، عملیات کاشت بدون شخم و بر روی بقایای محصول قبلی را امکان‌پذیر سازد (شکل ۱).



و ۵۰ دقیقه شمالی در ۱۳۵ کیلومتری جنوب شرقی مشهد قرار داشته و دارای زمستان‌های سرد و طولانی (با میانگین ۱۲۳ روز یخبندان در طی سال)، و تابستان‌های معتدل می‌باشد. ارتفاع از سطح دریا ۱۷۲۱ متر و میانگین بارندگی سالیانه ۲۲۵ میلی‌متر می‌باشد. حداکثر درجه حرارت مطلق ۳۶/۵ و حداقل درجه حرارت مطلق ۲۳- درجه سانتی‌گراد و میانگین درجه حرارت سالیانه آن ۱۰/۷ درجه سانتی‌گراد است.

آزمایش در قطعه زمینی که از پاییز سال ۱۳۹۱ و با نقشه ثابت تحت تأثیر شیوه‌های متفاوت خاک‌ورزی و حفظ بقایا (همانند تیمارهای شیوه خاک‌ورزی و حفظ بقایای همین آزمایش) بوده و با تناوبی به صورت گندم-شبدر-چغندر-قند-جو مدیریت شده بود، اجرا گردید. به این ترتیب که در اواخر بهار سال ۱۳۹۴ و بعد از برداشت جو، این آزمایش همانند محصولات قبلی با استفاده از کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

تیمارهای آزمایش عبارت از: الف) شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی در سه سطح شامل: ۱- بدون خاک‌ورزی (کاشت مستقیم با ردیفکار پنوماتیک) (T_1)، ۲- کم خاک-ورزی (چیزل پکر + کاشت با ردیفکار پنوماتیک) (T_2) و ۳- خاک‌ورزی متداول (شخم + دیسک + تسطیح + کاشت با ردیفکار پنوماتیک) (T_3) در کرت‌های اصلی به عنوان



شکل ۱- دستگاه ردیفکار پنوماتیک کشت مستقیم (راست) و دنباله بند چیزل پکر (چپ)

قبل از کاشت نرت، تیمار میزان بقایا، با کمک تغییر ارتفاع برش کمباین (در برداشت جو) اعمال شد. نحوه کار بصورتی بود که بر اساس نقشه آزمایش و محل قرارگیری کرت‌های فرعی (مربوط به تیمار حفظ بقایا)، برای کرت‌های بدون بقایا، برداشت کاملاً از روی سطح خاک صورت گرفت و بقایای باقی‌مانده نیز بوسیله کارگر جمع‌آوری و به بیرون از زمین منتقل شد. در مورد کرت‌های مربوط به سطوح حفظ ۳۰ و ۶۰ درصد بقایا، ارتفاع دماغه کمباین به نحوی تنظیم گردید که میزان مورد نظر از بقایا (۳۰ یا ۶۰ درصد) در زمین باقی بماند (شکل ۲). برای تعیین ارتفاع مناسب برداشت در هر حالت، قبل از

شروع برداشت و در سطح کوچکی از مزرعه (به مساحت حدود ۲۰ متر مربع)، اقدام به برداشت دستی بوته‌ها در ارتفاع‌های مشخص و توزین نمونه‌های برداشتی کرده و در نهایت برداشت از سطح زمین و توزین نمونه کلی انجام شد و با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده ارتفاع مناسب برداشت در حالت‌های حفظ ۳۰ یا ۶۰ درصد بقایا تعیین گردید. بعد از خروج دستگاه کمباین برداشت، بقایای حاصل از قسمت برداشت شده که بصورت خرد شده از دستگاه خارج شده بود به بیرون مزرعه منتقل و بر روی بقایای باقی‌مانده که اکثراً بصورت ایستاده بودند، عملیات کاشت انجام گردید.



شکل ۲- حفظ مقادیر مختلف بقایای محصول جو قبل از کاشت نرت علوفه ای

ترتیب برابر با ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) به دست آمد.

هر کرت آزمایشی (فرعی فرعی) به طول ۴۰ متر و دارای ۶ ردیف با فاصله خطوط کشت ۷۵ سانتی‌متری بود. عملیات آبیاری با روش آبیاری قطره‌ای از نوع نواری^۱ با خروجی‌هایی بفاصله ۳۰ سانتی‌متر (با آبدهی

از آنجایی که در محل اجرای طرح، ایستگاه هواشناسی وجود نداشت، محاسبه نیاز آبی و در نتیجه اعمال تیمارهای آبیاری بر اساس مقادیر ارائه شده در سند ملی آب کشور (فرشی ۱۳۷۷) صورت گرفت. میزان نیاز خالص هر تیمار، از حاصل ضرب مقادیر آب مورد نیاز طبق جدول سند ملی در ضرایب ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ (به

ویژگی‌های مورد بررسی شامل عملکرد علوفه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، نسبت وزنی بلال به کل علوفه (شاخص کیفی علوفه)، کارایی مصرف آب و شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI)^۱ بودند. قبل از برداشت مزرعه، که در مرحله خمیری دانه-ها (رسیدن خط شیری به وسط دانه) انجام شد، از هر کرت، تعداد ۱۰ بوته بصورت تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، نسبت وزنی بلال به کل علوفه برای هر نمونه اندازه‌گیری و محاسبه گردید. به منظور تعیین عملکرد علوفه ذرت، در زمان مناسب برداشت بوته‌ها (مرحله خمیری دانه‌ها) دو خط کناری در هر کرت و همچنین فاصله یک متری از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و سپس بوته‌های باقی‌مانده از نزدیکی سطح زمین برداشت و توزین گردید. به این ترتیب سطح برداشت در هر کرت معادل ۱۱۴ متر مربع بود که با توجه به وزن علوفه برداشت شده از این سطح برای هر کرت، عملکرد علوفه محاسبه گردید. کارایی مصرف آب به روش تقسیم عملکرد اقتصادی بر میزان آب مصرفی (کوچکی و همکاران ۱۳۷۶) و یا به عبارت دیگر مقدار عملکرد علوفه برداشتی بر میزان آب مصرفی در هر کرت محاسبه گردید. شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی یا NDVI توسط دستگاه گرین‌سیکر^۲ ساخت شرکت تریمل و بر اساس روش پتورلی^۳ (۲۰۱۳) اندازه‌گیری شد. از آنجایی که در مورد خصوصیات شیمیایی خاک (میزان کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و حفظ بقایا مورد نظر بوده و همچنین به منظور کاهش تعداد نمونه‌ها، نمونه‌برداری از خاک، فقط از کرت‌های فرعی و به تعداد ۲۷ نمونه مرکب از عمق ۳۰ سانتی‌متری انجام شد و بعد از انجام اندازه‌گیری‌های لازم در آزمایشگاه، داده‌های حاصل به صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد تجزیه و تحلیل آماری

۸ لیتر در ساعت در هر متر طول) انجام گردید. در این تحقیق از روش آبیاری قطره‌ای به عنوان یک ابزار مناسب جهت توزیع یکنواخت و اندازه‌گیری دقیق آب استفاده و برای هر یک از تکرارها یک لوله اصلی آبیاری و به ازای هرپشته یک خط لوله تیپ در نظر گرفته شد. عمق ناخالص آب آبیاری با در نظر گرفتن راندمان آبیاری برابر با ۹۰ درصد بدست آمد. حجم ناخالص آب مورد نیاز در هر تیمار آبیاری با توجه به مساحت هر کرت در هر بار آبیاری بر حسب لیتر محاسبه و مدت زمان لازم آبیاری تعیین و توسط شیر فلکه در اختیار هر کرت قرار گرفت که البته به وسیله کنتور اندازه‌گیری آب نیز دقت عملیات آبیاری کنترل گردید. دور آبیاری ثابت و پنج روزه در نظر گرفته شد. بعد از مرحله سبز شدن، دو نوبت اول آبیاری به منظور ایجاد شرایط مساوی در استقرار بوته‌ها، به صورت یکنواخت انجام گرفت و سطوح مختلف تیمار تنش آبی بعد از آن اعمال گردید (جدول ۱).

با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۲)، مقدار کود حاوی نیتروژن و فسفات مصرف شده به ترتیب مقدار ۳۵۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار و به صورت اوره و سوپرفسفات تریپل بود که ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از کود اوره و تمامی کود سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت و باقی‌مانده کود اوره، بصورت سرک و در سه مرحله هشت برگی، قبل از گل‌دهی و آغاز مرحله پرشدن دانه‌ها مصرف گردید. به منظور کنترل علف‌های هرز، در زمان حدود شش برگی بوته‌ها از علفکش تو-فور-دی به میزان دو لیتر در هکتار استفاده گردید که البته نتیجه کاملاً یکسانی را به دنبال نداشت و در طول دوره اجرای آزمایش شاهد وجود تراکم بیشتر علف‌های هرز در صورت حفظ بقایای بیشتر به خصوص تحت روش بی خاک‌ورزی بودیم.

³ Pettorelli¹ Normalized Difference Vegetation Index² GreenSeeker

قرار گرفت. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار
MSTATC انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون
چند دامنه‌ای دانکن و در سطوح احتمال یک و پنج درصد
استفاده گردید.

جدول ۱- مقدار نیاز آبی، عمق ناخالص آب آبیاری و مدت زمان هر مدار آبیاری در طول فصل رشد نرت علوفه ای

ماه	دهه	نیاز آبی (میلی متر)	عمق ناخالص آب آبیاری (میلی متر)	مدت زمان هر مدار آبیاری (ساعت)		
				تیمار ۵۰ درصد	تیمار ۷۵ درصد	تیمار ۱۰۰ درصد
	۱	-	-	-	-	-
تیر	۲	-	-	-	-	-
	۳	۹۷	۱۱۰	۵:۱۰	۵:۱۰	۵:۱۰
	۱	۹۷	۱۱۰	۵:۱۰	۵:۱۰	۵:۱۰
مرداد	۲	۹۶	۱۱۰	۲:۳۵	۳:۵۰	۵:۱۰
	۳	۹۵	۱۱۰	۲:۳۵	۳:۵۰	۵:۱۰
	۱	۷۶	۸۴	۲:۰۰	۳:۵۵	۳:۵۵
شهریور	۲	۵۸	۶۴	۱:۳۰	۲:۱۵	۳:۰۰
	۳	۴۵	۵۰	۱:۱۰	۱:۴۵	۲:۲۰
	۱	۲۷	۳۰	۰:۴۵	۱:۰۵	۱:۲۵
مهر	۲	۲۷	۳۰	۰:۴۵	۱:۰۵	۱:۲۵
	۳	-	-	-	-	-
مجموع	-	۶۱۸	۶۹۸	-	-	-

جدول ۲- نتایج آزمون خاک مزرعه محل اجرای آزمایش

رس	درصد نرات خاک			پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	عمق لایه (سانتی متر)
	سیلت	شن	رس					
۱۹	۵۶	۲۵	۳۹۳	۹/۸	۰/۶۴	۰/۰۵۱	۰-۳۰	
۲۳	۵۰	۲۷	۳۱۶	۷/۲	۰/۵۵	۰/۰۴۶	۳۰-۶۰	

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد علوفه در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). این تیمار باعث تغییراتی در میانگین سایر ویژگی‌های مورد بررسی، خصوصاً تعداد برگ و کارایی مصرف آب نیز شد. ولی میزان تاثیر در حدی نبود که تغییرات بوجود آمده در سطح آماری یک یا پنج درصد معنی‌دار گردند (جدول ۴). عملکرد علوفه تحت تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی در محدوده ۳۷۶۹۰-۳۲۰۳۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بوده و در تیمار کم خاک‌ورزی با بیشترین میزان تولید، بیش از ۶ درصد نسبت به خاک‌ورزی رایج (۳۵۵۴۰ کیلوگرم در هکتار)، افزایش عملکرد مشاهده می‌شود. کمترین میزان نیز متعلق به تیمار بی خاک‌ورزی بوده که نسبت به خاک‌ورزی رایج حدود ۱۰ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که برتری معنی‌دار تیمار کم خاک‌ورزی از لحاظ عملکرد علوفه، به دلیل تاثیر مثبت، ولی غیر معنی‌دار آن بر عوامل موثر بر عملکرد از قبیل ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد برگ باشد که باعث شده است برآیند این عوامل غیرمعنی‌دار بصورت یک نتیجه معنی‌دار ظاهر شود. سایر محققان از جمله رومرو-پرزگروواز و همکاران (۲۰۱۴)، هابز و همکاران (۲۰۰۸) و کینجی و همکاران (۲۰۱۴) نیز افزایش عملکردهای مشابهی را همزمان با کاهش شدت خاک‌ورزی گزارش نموده‌اند.

نتایج نشان داد که تیمار حفظ بقایا بر هیچ یک از ویژگی‌های مورد بررسی تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). با توجه به اینکه معمولاً بروز اثرات مفید حفظ بقایا بر حاصلخیزی خاک در کوتاه‌مدت امکان‌پذیر نمی‌باشد، این مسئله دور از انتظار نیست. همان‌طوریکه بعضی محققان از قبیل گوارتز و همکاران (۲۰۰۵)، هابز و همکاران (۲۰۰۸) و زیبلسکی و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش نموده‌اند که یک دوره انتقالی چند ساله، قبل از

ایجاد تغییرات قابل توجه در خصوصیات خاک که توسط تغییرات مدیریتی رخ می‌دهد، مورد نیاز می‌باشد. تنش آبی تاثیری معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر میزان عملکرد علوفه، شاخص کیفی علوفه، قطر ساقه، کارایی مصرف آب و طول دوره تاسل‌دهی داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج مندرج در جدول چهار، تاثیر تنش آبی بر خصوصیات ذکر شده به صورتی است که تنش آبی با ۵۰ درصد نیاز آبی، باعث کاهش ۲۰ درصدی عملکرد علوفه نسبت به تیمار شاهد (تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با عملکرد ۳۹۰۱۰ کیلوگرم در هکتار) شده است ولی تفاوت تیمار تنش ۷۵ درصد نیاز آبی با تیمار شاهد معنی‌دار نمی‌باشد. قطر ساقه با افزایش شدت تنش بصورت معنی‌داری افزایش داشته که این می‌تواند به دلیل سازگاری در جهت به حداکثر رساندن کارایی انتقال آب در شرایط تنش آبی باشد. در مورد شاخص کیفی علوفه، می‌توان گفت که اعمال تنش آبی در هر دو سطح ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی، باعث کاهش وزن کل علوفه (جدول ۴) و همچنین وزن بلال‌ها شده است. با توجه به اینکه شاخص کیفی علوفه حاصل تقسیم وزن بلال به وزن کل علوفه می‌باشد، می‌توان بیان نمود که در هر دو تیمار تنش، وزن کل علوفه (مخرج کسر) و همچنین وزن بلال (صورت کسر) کاهش یافته است ولی در تنش شدیدتر، تاثیر منفی آن بر مخرج کسر (وزن کل علوفه) بیشتر بوده و باعث گردیده است که شاخص کیفی علوفه در تنش شدیدتر، مطلوب‌تر به نظر برسد. با افزایش شدت تنش آبی، کارایی مصرف آب افزایش پیدا کرده و تیمارهای تنش آبی ۷۵ و ۵۰ درصد نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب افزایشی معادل ۹ و ۲۱ درصد را نشان دادند. کینجی و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش نموده‌اند که حداقل در سه سال اول کاربرد سیستم کشاورزی حفاظتی، کارایی مصرف آب نیز همانند عملکرد، تحت تاثیر تیمارهای مورد بررسی قرار نگرفته است. تنش آبی همچنین تاثیر معنی‌داری بر طول دوره تاسل‌دهی داشته و با افزایش شدت تنش، طول دوره تاسل‌دهی بطور

معنی دار و قابل توجهی کاهش داشته که موید این مسئله است که وقتی بوته‌ها در معرض تنش قرار می‌گیرند سعی در کاهش طول دوره رشدی داشته تا زودتر وارد مرحله زایشی شده و دوره رشدی خود را در شرایط محدودیت، زودتر به پایان رسانند.

تنش آبی، روش خاک‌ورزی و حفظ بقایا، هیچکدام تاثیر معنی‌داری بر تعداد برگ نداشتند (جدول ۳). این مسئله می‌تواند به دلیل تأثیرپذیری بیشتر این صفت از عوامل ژنتیکی در مقایسه با عوامل محیطی باشد (هی و واکر ۱۹۸۹). روش خاک‌ورزی و حفظ بقایا نیز هیچکدام تاثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب نداشتند (جدول ۳). می‌توان گفت که با توجه به نحوه محاسبه کارایی مصرف آب، در دو تیمار روش خاک‌ورزی و حفظ بقایا، به دلیل یکسان بودن میزان آب آبیاری (مخرج کسر) در سطوح مختلف هر یک از دو تیمار، روند تغییرات کارایی مصرف آب با روند تغییرات میزان عملکرد علوفه (صورت کسر) تقریباً یکسان می‌باشد.

برهمکنش تیمارهای خاک‌ورزی و حفظ بقایا بر عملکرد علوفه، ارتفاع بوته و کارایی مصرف آب تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک یا پنج درصد داشته است (جدول ۳). از لحاظ عملکرد علوفه، اعمال کم خاک‌ورزی با حفظ ۶۰ درصد بقایا ($T_2 R_3$)، با تولید ۴۱۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، برتری قابل توجهی را نشان داد. از بین سطوح مختلف برهمکنش تیمارهای خاک‌ورزی و حفظ بقایا، خاک‌ورزی رایج و باقی نگذاشتن بقایا ($T_3 R_1$) همانند روش مرسوم کشاورزان است که در اینجا با عملکردی معادل ۳۲۶۱۰ کیلوگرم در هکتار، یکی از کمترین مقادیر عملکرد می‌باشد و می‌توان نتیجه گرفت که با اعمال کم خاک‌ورزی و همچنین حفظ ۶۰ درصد بقایا، شاهد افزایش عملکرد معادل ۲۶ درصد خواهیم بود. انتخاب روش بدون خاک‌ورزی و با حفظ ۶۰ درصد بقایا، باعث تولید کمترین عملکرد علوفه (۲۸۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) شده که نسبت به روش مرسوم فوق، کاهش ۱۳ درصدی را نشان می‌دهد. با توجه به روند تغییرات عملکرد علوفه

در تیمار بدون خاک‌ورزی و در سطوح مختلف میزان بقایا، مشاهده می‌شود که با حفظ میزان بقایای بیشتر، عملکرد کاهش بیشتری را نشان داده در حالی که در تیمار کم خاک‌ورزی، با وجود میزان بقایای بیشتر، عملکرد بطور قابل توجهی افزایش یافته است. شاید بتوان یکی از دلایل آن را بالاتر بودن تراکم علفهای هرز در حالت حفظ بقایای بیشتر تحت شرایط بی‌خاک‌ورزی عنوان نمود. با توجه به این که یکی از فواید انجام عملیات شخم، کنترل بیشتر علفهای هرز می‌باشد، یکی از معایب استفاده از روش‌های کم یا بی‌خاک‌ورزی افزایش تراکم علف‌های هرز در طول فصل زراعی است و همین مسئله باعث شده است که کنترل علف‌های هرز به روش شیمیایی از حساسیت بالایی برخوردار باشد. حال اگر وجود بقایای زیاد عاملی برای نرسیدن سم علف کش استفاده شده به سطح سبز علف‌های هرز باشد، کارایی کنترل علف‌های هرز توسط سم استفاده شده کاهش می‌یابد که این خود، یکی از پیامدهای استفاده از روش‌های کم یا بی‌خاک‌ورزی و همچنین حفظ بقایا می‌باشد و می‌توان چنین عنوان نمود که حفظ بقایا، حداقل در کوتاه‌مدت در صورتی موفقیت‌آمیز خواهد بود که یک خاک‌ورزی حداقل نیز اعمال شود.

روند تغییرات در میزان کارایی مصرف آب، تحت تاثیر برهمکنش روش خاک‌ورزی و میزان بقایا نیز تقریباً همانند روند تغییرات میزان عملکرد علوفه می‌باشد و می‌توان نتیجه گرفت که حفظ بقایای ۶۰ درصدی و اعمال خاک‌ورزی حداقل (با کارایی مصرف آب ۷/۲ کیلوگرم بر مترمکعب)، می‌تواند به افزایش ۲۶ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به حالت مرسوم (با کارایی مصرف آب ۵/۷ کیلوگرم در مترمکعب) منجر شود. ارتفاع بوته نیز تحت تاثیر معنی‌دار برهمکنش این دو تیمار قرار گرفته و می‌توان گفت که روند تغییرات عملکرد علوفه می‌تواند به دلیل برآیند تغییرات معنی‌دار ارتفاع بوته و غیر معنی‌دار قطر ساقه باشد.

با افزایش میزان بقایای حفظ شده، کارآیی مصرف آب افزایش یافته که در مواردی این افزایش از لحاظ آماری کاملاً قابل توجه است. به عنوان مثال در تیمار تنش آبی با ۵۰ درصد نیاز آبی، در صورت حفظ بقایا به میزان صفر، ۳۰ و یا ۶۰ درصد، کارآیی مصرف آب به ترتیب معادل ۶/۰، ۷/۵ و ۶/۸ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد و این بدین معناست که در شرایط محدودیت شدید آب آبیاری، با حفظ فقط ۳۰ درصد بقایا، کارآیی مصرف آب نسبت به حالت مرسوم (بدون حفظ بقایا)، بیش از ۲۴ درصد افزایش خواهد یافت.

شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، نشان دهنده زیست‌توده^۱ سطح سبز به منظور انجام مقایسات نسبی می‌باشد و انتظار می‌رود که روندی همانند روند تغییرات عملکرد داشته باشد. با توجه به نتایج جدول چهار، این روند تقریباً قابل مشاهده بود ولی در هیچ موردی تحت تأثیر معنی‌دار تیمارها قرار نگرفت (جدول ۳). با توجه به اینکه این شاخص نشان‌دهنده زیست توده کل سطح سبز موجود اعم از محصول زراعی و علف‌های هرز می‌باشد، وجود تراکم‌های متفاوت علف‌های هرز و تاثیرپذیری آن از تیمارهای اعمال شده می‌تواند باعث ایجاد تفاوت‌هایی در روند تغییرات این شاخص گردد.

نتایج بررسی خصوصیات شیمیایی خاک نشان داد که تیمارهای مورد بررسی بر هیچکدام از این خصوصیات (میزان کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم) تأثیر معنی‌داری در سطوح احتمال یک یا پنج درصد نداشتند (جدول ۵). با توجه به نتایج، مشاهده گردید که تأثیر حفظ بقایای محصولات، تحت تناوب سه ساله گذشته، باعث افزایش مقادیر خصوصیات مذکور شده، ولی این میزان افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. هابز و همکاران (۲۰۰۸) افزایش ماده آلی و سطح نیتروژن خاک سطحی را در نتیجه کاربرد خاک‌ورزی حفاظتی و باقی گذاشتن بقایا، گزارش نمودند، اما بر

برهمکنش تیمارهای خاک‌ورزی و تنش آبی بر عملکرد علوفه و سایر ویژگی‌های مورد بررسی تأثیر معنی‌داری نداشته (جدول ۳) و فقط اندازه قطر ساقه تحت تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفته و روند نسبی تغییرات آن نیز به گونه‌ای است که می‌توان گفت که در هر یک از سطوح مختلف روش خاک‌ورزی، با افزایش شدت تنش، شاهد افزایش قطر ساقه می‌باشیم (جدول ۴).

برهمکنش تیمارهای حفظ بقایا و تنش آبی بر عملکرد علوفه و همچنین کارآیی مصرف آب در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بر اساس جدول چهار، عملکرد علوفه در بازه ۴۰۹۵۰-۲۷۷۴۰ کیلوگرم در هکتار قرار گرفت که کمترین مقدار مربوط به تیمار بدون بقایا و حداکثر تنش آبی و بیشترین میزان عملکرد مربوط به تیمار حفظ ۶۰ درصد بقایا و بدون تنش آبی است که قابل انتظار می‌باشد. با مقایسه سایر میانگین‌ها انتظار می‌رود که با اعمال تنش آبی، هر چه میزان بقایای بیشتری حفظ شود، تأثیر منفی تنش کاهش یابد که این امر تقریباً قابل مشاهده است. به عنوان مثال در حالت محدودیت شدید آب (تنش آبی با ۵۰ درصد نیاز آبی)، با افزایش میزان بقایای حفظ شده از صفر به ۳۰ و ۶۰ درصد، عملکرد از ۲۷۷۴۰ به ترتیب به ۳۴۴۸۰ و ۳۰۹۹۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است که به ترتیب رشد ۲۴ و ۱۲ درصدی را نشان می‌دهد. در مورد تغییرات کارآیی مصرف آب، مقادیر آن در بازه ۷/۵ - ۵/۲ کیلوگرم بر مترمکعب قرار داشته و هر چند روند تغییرات تا حدودی شبیه به روند تغییرات عملکرد، تحت تأثیر برهمکنش تیمارها می‌باشد، اما از آنجایی که میزان کارآیی مصرف آب علاوه بر میزان عملکرد، به میزان آب مصرفی برای تولید آن نیز بستگی دارد، تغییراتی در تیمارهای برتر مشاهده می‌شود. نکته دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد این است که با وجود شدت مشخصی از تنش آبی (به عنوان مثال در تیمار تنش آبی با ۵۰ درصد نیاز آبی)،

اساس نتایج کینجی و همکاران (۲۰۱۴)، ماده آلی خاک در لایه ۳۰ سانتی متری به طور معنی داری افزایش، ولی نیتروژن خاک کاهش یافت و فسفر قابل دسترس در عمق ۱۰ سانتی متری نیز به طور قابل توجهی افزایش یافت.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد علوفه و برخی ویژگی‌های ذرت تحت تاثیر روش‌های خاک‌ورزی، میزان بقایا و تنش آبی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد علوفه	شاخص کیفی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد برگ	شاخص NDVI	کارآیی مصرف آب	طول دوره تاسل دهی
تکرار	۲	۱۷۵۳۲۶۷۵۹ ^{ns}	۸۱/۴ ^{ns}	۸۷۸/۹ ^{ns}	۱۰/۷	۱/۵ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۴/۹ ^{ns}	۳۵/۸ ^{ns}
خاک‌ورزی	۲	۲۲۰۴۳۱۸۹*	۸۰/۴ ^{ns}	۸۴۰/۷ ^{ns}	۲/۵ ^{ns}	۱/۳ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۶/۸ ^{ns}	۲۴/۲ ^{ns}
خطای آزمایشی	۴	۳۳۱۸۷۷۸۷	۵۷/۱۸	۲۵۴/۸۵	۱/۸۳	۰/۲۲	۰/۰۰۳	۱/۳۱	۱۵/۹
حفظ بقایا	۲	۱۶۲۶۸۷۲۸ ^{ns}	۱۴۴/۵ ^{ns}	۱۳۴/۳ ^{ns}	۰/۷۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۱/۱۴ ^{ns}	۹/۳ ^{ns}
خاک‌ورزی*حفظ بقایا	۴	۱۵۷۷۷۰۲۱۸**	۱۳/۹ ^{ns}	۹۲۸/۳**	۱/۴ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۴/۷۵*	۷۹/۷ ^{ns}
خطای آزمایشی	۱۲	۳۱۵۲۷۷۳۵	۴۲/۹۷۰	۱۶۳/۸۰	۳/۴۲	۰/۵۲	۰/۰۰۲	۱/۰۵	۲۶/۱
تنش آبی	۲	۴۲۵۸۱۸۷۰۲**	۲۵۸/۲**	۱۹۷/۸ ^{ns}	۴/۵**	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۹/۸۱**	۲۱۹/۶**
خاک‌ورزی*تنش آبی	۴	۳۹۰۳۰۶۰ ^{ns}	۳۵/۹ ^{ns}	۲۰۳/۵ ^{ns}	۲/۶*	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	۳/۸۳ ^{ns}
حفظ بقایا*تنش آبی	۴	۷۴۹۲۸۲۲۴*	۱۲/۸ ^{ns}	۱۴۷/۸ ^{ns}	۰/۹۲ ^{ns}	۰/۳۰ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۲/۶۸*	۰/۲۷ ^{ns}
خاک‌ورزی*حفظ بقایا*تنش آبی	۸	۲۸۷۰۰۲۶۵ ^{ns}	۳۵/۲ ^{ns}	۸۳/۲ ^{ns}	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۸۰ ^{ns}	۰/۶۲ ^{ns}
خطای آزمایشی	۳۶	۲۷۵۱۰۷۶۸	۴۱/۴۵۳	۱۴۴/۶۷	۰/۹۳۹	۰/۳۱	۰/۰۰۲	۰/۹۳	۱/۵۳
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۴/۹	۲۱/۸	۷/۵	۵/۵	۳/۵	۷/۴	۱۵/۶	۱/۹

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول ۴- میانگین‌های عملکرد علوفه و برخی ویژگی‌های ذرت تحت تاثیر روش های خاک‌ورزی، حفظ بقایا و تنش آبی

تیمارهای مورد بررسی	عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص کیفی (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی-متر)	قطر ساقه (میلی-متر)	تعداد برگ	شاخص NDVI	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)	طول دوره تاسل دهی (روز)
خاک‌ورزی T	T ₁	۳۲۰۳۰ ^b	۳۱/۵	۱۵۷	۱۷/۴	۱۶/۰	۰/۵۵	۶۵/۹
	T ₂	۳۷۶۹۰ ^a	۲۸/۶	۱۶۷	۱۸/۰	۱۶/۳	۰/۵۷	۶۴/۱
	T ₃	۳۵۵۴۰ ^{ab}	۲۸/۴	۱۵۹	۱۷/۸	۱۶/۴	۰/۵۸	۶۴/۵
حفظ بقایا R	R ₁	۳۴۲۷۰	۳۲/۲	۱۶۲	۱۷/۵	۱۶/۳	۰/۵۶	۶۵/۳
	R ₂	۳۵۸۲۰	۲۸/۴	۱۶۳	۱۷/۸	۱۶/۳	۰/۵۸	۶۵/۰
	R ₃	۳۵۱۶۰	۲۸/۰	۱۵۹	۱۷/۸	۱۶/۲	۰/۵۶	۶۴/۲
تنش آبی S	S ₁	۳۱۰۷۰ ^b	۳۲/۱ ^a	۱۵۸	۱۸/۱	۱۶/۲	۰/۵۵	۶۲/۰ ^c
	S ₂	۳۵۱۸۰ ^a	۲۶/۱ ^b	۱۶۴	۱۷/۷	۱۶/۲	۰/۵۸	۶۴/۸ ^b
	S ₃	۳۹۰۱۰ ^a	۳۰/۴ ^{ab}	۱۶۱	۱۷/۳	۱۶/۳	۰/۵۷	۶۷/۷ ^a
خاک‌ورزی * حفظ بقایا T*R	T ₁ R ₁	۳۶۲۹۰ ^{abc}	۳۳/۳	۱۷۱ ^{ab}	۱۶/۹	۱۶/۱	۰/۵۵	۶۲/۹
	T ₁ R ₂	۳۱۴۸۰ ^{bc}	۳۱/۶	۱۵۰ ^c	۱۸/۰	۱۶/۲	۰/۵۷	۶۸/۳
	T ₁ R ₃	۲۸۳۱۰ ^c	۲۹/۵	۱۴۹ ^c	۱۷/۳	۱۵/۸	۰/۵۴	۶۶/۴
	T ₂ R ₁	۳۳۹۲۰ ^{abc}	۳۲/۲	۱۶۲ ^{abc}	۱۷/۸	۱۶/۳	۰/۵۸	۶۷/۲
	T ₂ R ₂	۳۷۹۵۰ ^{ab}	۲۷/۳	۱۷۴ ^a	۱۸/۰	۱۶/۵	۰/۵۷	۶۱/۶
	T ₂ R ₃	۴۱۱۸۰ ^a	۲۶/۴	۱۶۶ ^{abc}	۱۸/۳	۱۶/۳	۰/۵۷	۶۳/۴
	T ₃ R ₁	۳۲۶۱۰ ^{abc}	۳۰/۹	۱۵۳ ^{bc}	۱۷/۹	۱۶/۴	۰/۵۷	۶۵/۹
	T ₃ R ₂	۳۸۰۳۰ ^{ab}	۲۶/۲	۱۶۳ ^{abc}	۱۷/۵	۱۶/۲	۰/۶۰	۶۵/۰
	T ₃ R ₃	۳۵۹۹۰ ^{abc}	۲۸/۰	۱۶۱ ^{abc}	۱۷/۹	۱۶/۶	۰/۵۷	۶۲/۷
خاک‌ورزی * تنش آبی T*S	T ₁ S ₁	۲۷۶۶۰	۳۴/۴	۱۵۵	۱۸/۳ ^a	۱۵/۹	۰/۵۵	۶۳/۴
	T ₁ S ₂	۳۲۷۵۰	۲۷/۸	۱۶۳	۱۷/۴ ^{ab}	۱۶/۱	۰/۵۶	۶۶/۲
	T ₁ S ₃	۳۵۶۸۰	۳۲/۲	۱۵۲	۱۶/۵ ^b	۱۶/۱	۰/۵۴	۶۸/۰
	T ₂ S ₁	۳۳۶۶۰	۳۰/۷	۱۶۲	۱۸/۳ ^a	۱۶/۴	۰/۵۵	۶۰/۸
	T ₂ S ₂	۳۷۹۹۰	۲۳/۵	۱۶۷	۱۸/۳ ^a	۱۶/۲	۰/۵۹	۶۳/۸
	T ₂ S ₃	۴۱۴۰۰	۳۱/۷	۱۷۳	۱۷/۶ ^a	۱۶/۴	۰/۵۸	۶۷/۷
	T ₃ S ₁	۳۱۸۸۰	۳۱/۰	۱۵۷	۱۷/۹ ^a	۱۶/۵	۰/۵۷	۶۱/۸
	T ₃ S ₂	۳۴۸۰۰	۲۶/۹	۱۶۱	۱۷/۴ ^{ab}	۱۶/۴	۰/۵۹	۶۴/۳
	T ₃ S ₃	۳۹۹۴۰	۲۷/۲	۱۵۹	۱۷/۹ ^a	۱۶/۴	۰/۵۹	۶۷/۴
حفظ بقایا * تنش آبی R*S	R ₁ S ₁	۲۷۷۴۰ ^d	۳۵/۳	۱۵۸	۱۸/۰	۱۶/۲	۰/۵۵	۶۲/۷
	R ₁ S ₂	۳۵۵۸۰ ^{abc}	۲۸/۹	۱۶۳	۱۷/۴	۱۶/۳	۰/۵۸	۶۵/۳
	R ₁ S ₃	۳۹۵۰۰ ^{ab}	۳۲/۳	۱۶۵	۱۷/۲	۱۶/۴	۰/۵۷	۶۸/۰
	R ₂ S ₁	۳۴۴۸۰ ^{bc}	۳۱/۹	۱۶۴	۱۸/۵	۱۶/۵	۰/۵۷	۶۲/۰
	R ₂ S ₂	۳۶۴۰۰ ^{abc}	۲۴/۲	۱۶۷	۱۸/۰	۱۶/۳	۰/۶۰	۶۴/۹
	R ₂ S ₃	۳۶۵۸۰ ^{abc}	۲۹/۰	۱۵۸	۱۷/۰	۱۶/۱	۰/۵۷	۶۸/۰
	R ₃ S ₁	۳۰۹۹۰ ^{cd}	۲۹/۰	۱۵۳	۱۸/۰	۱۶/۱	۰/۵۵	۶۱/۳
	R ₃ S ₂	۳۳۵۵۰ ^c	۲۵/۱	۱۶۲	۱۷/۷	۱۶/۲	۰/۵۷	۶۴/۱
	R ₃ S ₃	۴۰۹۵۰ ^a	۲۹/۸	۱۶۱	۱۷/۸	۱۶/۴	۰/۵۷	۶۷/۱

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات شیمیایی خاک تحت تاثیر روش های خاکورزی و میزان حفظ بقایا

مقدار کربن آلی خاک	مقدار نیتروژن	مقدار پتاسیم	مقدار فسفر	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۰۲۲ ^{NS}	۰/۰۰۰۱ ^{NS}	۶۴۱۷/۴۴*	۹/۶۹۵ ^{NS}	۲	تکرار
۰/۰۰۴ ^{NS}	۰/۰۰۰۱ ^{NS}	۸۹۶/۳۳	۱/۲۳۳ ^{NS}	۲	خاکورزی
۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۱	۸۴۶/۶۱	۸/۰۷۷	۴	خطای آزمایشی
۰/۰۰۵ ^{NS}	۰/۰۰۰۱ ^{NS}	۱۶۰۸/۳۳ ^{NS}	۱۱/۹۱۷ ^{NS}	۲	حفظ بقایا
۰/۰۳۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۱ ^{NS}	۳۵۸۶/۶۷ ^{NS}	۲۵/۷۹۳ ^{NS}	۴	خاکورزی* حفظ بقایا
۰/۰۱۶	۰/۰۰۰۱	۳۵۹۹/۲۲	۱۷/۱۹۴	۱۲	خطای آزمایشی
۲۲/۶	۱۹/۶	۲۶/۰	۲۹/۵	-	ضریب تغییرات (درصد)

NS و * به ترتیب غیر معنی دار، و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

ستون های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون مقایسه میانگین ها فاقد اختلاف آماری معنی دار می باشند.

هر چند ممکن است در برخی موارد از لحاظ آماری و در سطوح احتمال یک یا پنج درصد تاثیرات مثبت معنی دار نشود، ولی روند بهبودی کاملاً قابل مشاهده است. به عنوان مثال، اعمال کم خاکورزی و همچنین حفظ ۶۰ درصد بقایا، برتری قابل توجهی در مقایسه با انجام خاک-ورزی رایج و باقی نگذاشتن بقایا (روش مرسوم کشاورزان) داشت و افزایش عملکرد معادل ۲۶ درصد و افزایش ۲۶ درصدی کارایی مصرف آب را نشان داد و انتظار می رود که در صورت ادامه این مسیر و در آینده نزدیک، تاثیرات مثبت به صورت بسیار بارزتری خود را نشان دهد.

آنچه مسلم است هدف اصلی بکارگیری روش های کم یا بی خاکورزی و همچنین حفظ بقایای گیاهی، رسیدن به تولید پایدار محصول، بوسیله افزایش کارایی استفاده از منابع طبیعی و همچنین به حداقل رساندن هزینه تولید و مصرف انرژی در تولید محصولات زراعی، و نه لزوماً افزایش عملکرد آنها می باشد. همانگونه که در قسمت های گذشته نیز به آن اشاره شد، اکثریت قریب به اتفاق محققان گزارش نموده اند که یک دوره انتقالی چند ساله لازم است تا بعد از آن بتوان شاهد بهبود قابل توجه شرایط تولید و به تبع آن عملکرد بهتر محصول زراعی بود. نتایج تحقیق حاضر نیز که در سال چهارم بکارگیری این راهکارها، اجرا گردیده است موید این مطالب بوده و

منابع مورد استفاده

- Aase JK and Pikul JL, 1995. Crop and soil response to long-term tillage practices in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 87 (4): 652-656.
- Alvarez R, 2005. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use Manage*, 21:38-52.
- Farshi AA, Shariati MR, Jarollahi R., Ghaemi M.R., Shahabifar M. and Tavallaei M.M., 1997. An estimate of water requirement of main field crops and orchards in Iran. Vol 1: Field Crops. Publication of Nacre Amoozeshe keshavarzi. (In Persian).

- 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.
- Hay RKM and Walker AJ, 1989. *An introduction to the physiology of crop yield*. Longman Scientific and Technical
- Hobbs PR Sayre K and Gupta R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 363: 543–555.
- Kassam AH, Friedrich T, Derpsch R and Kienzle J, 2014. Worldwide adoption of Conservation Agriculture 6th World Congress on Conservation Agriculture, 22-27 June 2014, Winnipeg, Canada.
- Koocheki A, Hosseini M and Nassiri Mahallati M., 1997. *Crop-Water relations*. Publication of Jihad-e-daneshgahi Mashhad. (In Persian).
- 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.
- Pettorelli N, 2013. *The Normalized Difference Vegetation Index*. Oxford University Press, PP: 30-43.
- Qingjie 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 subsoiling on soil properties and maize 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 Maize Yields and Net Returns in the Central Mexican Highlands under Drought Conditions. *Soil Science Society of China*, 24:476–486.
- Ronald BH, 1997. Long-term conservation tillage studies: impact of no-till on seed corn maggot. *Crop Protection*, 16 (3) 221–225.
- Zibilske LM, Bradford JM and Smart JR, 2002. Conservation tillage induced changes in organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in a semi-arid alkaline subtropical soil. *Soil and Tillage Research*, 66 (2): 153–163.