"مجله علوم زراعی ایران"
جلد هیجدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵

اثر مدیریت طولانی مدت بقایا، خاک‌ورزی و مصرف کود نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) و ویژگی‌های خاک

Effect of long term residue management, tillage and application of nitrogen fertilizer on grain yield of maize (*Zea mays* L.) and soil properties

علی رضا صفاهانی لنگرودی[۱]، تینا دادگر[۲]، رضا پاسندی[۳] و مریم علویان[۴]

چکیده

صفاهانی لنگرودی، ع.ر.، ت. دادگر، ر. پاسندی و م. علویان. ۱۳۹۵. اثر مدیریت طولانی مدت بقایا، خاک‌ورزی و مصرف کود نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) و ویژگی‌های خاک. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۱): ۴۸-۳۲.**

به‌منظور ارزیابی اثر مدیریت طولانی مدت بقایا و کود نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت رقم سینگل گراس ۷۰۴ و ویژگی‌های خاک، یک آزمایش مزرعه‌ای هفت ساله (۱۳۹۰-۱۳۸۴) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی قائم‌شهر مازندران انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: (۱) مدیریت بقایا گندم در دو سطح: حفظ بقایا (R+) و حذف بقایا (R-)؛ (۲) خاک‌ورزی در دو سطح: بدون خاک‌ورزی (ZT) و خاک‌ورزی مرسوم (CT) و (۳) مقدار کود نیتروژن در چهار سطح: صفر ، ۱۰۰، ۲۰۰ (به عنوان شاهد) و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (N1-N4). نتایج نشان داد که در پایان دوره آزمایش، تیمارهای بدون خاک‌ورزی با حفظ بقایا و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن (ZT+RN4) و بدون خاک‌ورزی با حفظ بقایا و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن (ZT+RN3)، بهترین کیفیت خاک و بالاترین میانگین عملکرد دانه ذرت در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۹ (به ترتیب ۵۲۵۰ و ۵۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) را داشتند. کمترین عملکرد دانه در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۹ (۲۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و ویژگی‌های نامطلوب فیزیکی و شیمیایی خاک، به تیمار بدون خاک‌ورزی بدون بقایا و بدون کود نیتروژن (ZT-RN1) اختصاص داشت. کربن آلی، نیتروژن کل، رطوبت، ثبات خاکدانه، مقاومت مکانیکی، اسیدیته و قابلیت هدایت الکتریکی ویژگی‌های مشخص کننده تفاوت کیفیت خاک در خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی بودند. ویژگی‌های خاکی کربن آلی، نیتروژن کل، ثبات خاکدانه و مقدار رطوبت، در مجموع بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه (R= 0.87) داشتند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تیمار بدون خاک‌ورزی با حفظ بقایا (ZT+R) همراه با ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن (N3)، با بهبود خواص خاک، باعث پایداری تولید محصول ذرت خواهد شد.**

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، خاک‌ورزی، ذرت و کربن آلی خاک.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۸

۱- استادیار گروه زراعت دانشگاه پیام نور، تهران، صندوق پستی ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: safahani_ali@yahoo.com)
۲- استادیار گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
۳- کارشناس ارشدگروه زراعت، دانشگاه پیام نور واحد گرگان
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

مقدمه

در بیشتر مناطق ایران، بقایای گندم پس از برداشت محصول سوزانده شده و یا از مزرعه خارج می‌شوند که این اقدام اغلب به علت از دست رفتن ماده آلی و مواد مغذی خاک، کاهش فعالیت میکروبی خاک و انتشار دی‌اکسید کربن، مورد انتقاد می باشد(Rahimizadeh *et al*., 2014). با این حال در مناطقی که بقایای گیاهی با خاک مخلوط می‌شوند، کشاورزان اغلب به دلیل کاهش حاصلخیزی خاک در اثر بی‌تحرکی مواد غذایی و ایجاد مشکل برای کشت گیاه بعدی، به دلیل سرعت کند تجزیه بقایا،نسبت به آن تردید دارند (Malhi *et al*., 2006). کاهش این مشکلات به راهبردهای مدیریت بقایای زراعی بستگی دارد که باعث تسریع تجزیه بقایاشود. تحقق منافع بالقوه اختلاطبقایای گیاه زراعی با خاک به رهاشدنهمزمان نیتروژن با نیاز گیاه زراعی بستگی دارد، در حال لازم است که خطر از دست رفتن مواد غذایی به حداقل رسانده شود(Malhi and Lemke, 2007). در مناطقی که بقایایگیاهی قبل از کاشت گیاه بعدی با خاک مخلوط شده بودند، عملکرد دانه کمتر از مناطقی بود که بقایای گیاهی از مزرعه بیرون برده و یا سوزانده شدند. این موضوع به دلیل بی‌تحرک شدن نیتروژن (آلی شدن)بود (Huang *et al*., 2013). در باره اثراتمیان مدت مدیریت بقایا، خاک‌ورزی و مقدارمصرف نیتروژنبررشد و عملکرد ذرت در ایران، اطلاعات کافی وجود ندارد. با این پیش زمینه و با توجه به فقرموادآلی خاک در اکثر استان‌های کشور،کاهش آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی و در راستای اهداف کشاورزی پایدار، شناسایی راهکارهایی به منظور جایگزین کردن روش سوزاندن بقایا، به طوریکه منافع تولیدکننده حفظ وکیفیت خاک و محیط بهبود یابد، ضروری به نظرمی‌رسد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی قائم‌شهر در استان مازندران با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و ۲۴متر بالاتر از سطح دریای آزاد،اجرا شد. منطقه دارای آب و هوای مرطوب بوده ومیانگین درجه حرارت و بارندگی در طی فصل رشد ذرت در مدت اجرای آزمایشدر جدول ۱ نشان داده شده است. بافت خاک رسی-شنی، شوری خاک ۰/۰۸ دسی‌زیمنس بر متر، ماده آلی ۳/۸ درصد، اسیدیته خاک ۶، فسفر قابل جذب ۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پتاسیم قابل جذب ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ظرفیت زراعی مزرعه ۲۸/۷ درصد، نقطه پژمردگی دائم ۱۴/۱ درصد و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۱گرم بر سانتیمترمکعب بود.

جدول ۱- میانگین دما و بارش درمحل اجرای آزمایش در طی فصل رشد ذرت (۱۳۹۰- ۱۳۸۴)

Table 1. Average rainfall and temperature for experiment site during the growing season of maize (2005- 2011)

		میانگین بارندگی Average rainfall (mm)				میانگین دما Avearge temperature (°C)			
Year سال		Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
2005	۱۳۸۴	55.2	20.3	20.2	30	26.8	28.1	29.3	28.6
2006	۱۳۸۵	52.4	21.1	11.6	33.4	27.6	30.2	31	29.8
2007	۱۳۸۶	48.3	20.6	17.2	45.6	26.4	29.1	29.9	28.9
2008	۱۳۸۷	40.1	21.2	15.2	32.2	27.2	29	30	28.7
2009	۱۳۸۸	52.8	25.5	10.8	50.2	26.2	28.1	29.1	27.7
2010	۱۳۸۹	54.3	25.2	17.7	52.6	24.3	28.2	28.6	28.4
2011	۱۳۹۰	49.3	20.4	13.8	45.7	24.3	28.7	29.1	29.0

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

قبل از شروع آزمایش، مزرعه زیر کشت گندم دیم بود تا پوشش بقایای گیاهی مورد نظر را فراهم کند. این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۴ آغاز شد و تا سال ۱۳۹۰ در یک قطعه زمین ثابت ادامه یافت. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده نواری با چهار تکرار انجام شد. کرت اصلی شامل بقایای گیاه زراعی در دو سطح حذف بقایا (R-) و حفظ بقایا (R +) ، کرت فرعی شامل دو سیستم خاک‌ورزی؛ خاک‌ورزی مرسوم (CT) و خاک‌ورزی صفر (ZT) بود و کرت فرعی فرعی مقدار کود نیتروژن در چهار سطح، شامل صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ (به عنوان شاهد) و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره (N1–N4). پخش کود به شکل نواری انجام شد. بر اساس توصیه کارشناسان کشاورزی منطقه، به همه کرت‌ها سالانه کودهای فسفر، پتاسیم و گوگرد به ترتیب ۴۵، ۴۲ و ۱۷ کیلوگرم در هکتار، قبل از کشت داده شد (Izadi and Emam, 2010). یک سوم کود نیتروژن در زمان کاشت و بقیه آن در دو مرحله (۵ تا ۶ برگیو مرحله کاکل‌دهی) به‌صورت سرک استفاده شد. آبیاری با توجه به مراحل رشد ذرت انجام شد. قبل و بعد از هر آبیاری، نمونه برداری از خاک با فواصل ۱۵سانتی‌متر تا عمق ۹۰ سانتی‌متری انجام و میزان رطوبت خاک به صورت وزنی اندازه‌گیری و سپس عمق آب آبیاری تعیین شد.

ابعاد هر کرت ۲۰×۶ متر با شیب کمتر از ۰/۳ درصد بود. رقم ذرت مورد استفاده سینگل کراس ۷۰۴ بود که بذر آن از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران (ساری) تهیه شد. تراکم کشت ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار، فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و روی ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود (Esmaili and Bankesaz, 2002). علف‌های هرز همه کرت‌ها بصورت دستی وجین شده و هیچگونه آلودگی از نظر آفات و یا بیماری‌ها مشاهده نشد. کاشت بذر بین ۵ و ۱۵ خرداد و برداشت آن در نیمه اول شهریور به‌صورت دستی انجام می‌شد. رقم گندم دیم مورد استفاده در این آزمایش تجن بود که بذر آن در پاییز سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۴ کاشته شد. به کرت‌های گندم، ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره داده شد. تفاوت معنی‌داری از نظر مقدار بقایای گندم در طول سال‌های آزمایش وجود نداشت (میانگین عملکرد دانه و بقایای گندم به ترتیب ۵ و ۹/۵ تن در هکتار بود). میزان کربن آلی و نیتروژن آلی بقایای گندم به ترتیب ۳۹/۴ و ۰/۵ درصد بودند (Bremner, 1960; Walkley, 1947). بعد از برداشت محصول گندم، بقایای آن با توجه به تیمار مورد نظر به خارج از مزرعه منتقل شده یا در مزرعه نگه‌داشته شدند. بقایای نگه‌داشته شده یا با خاک‌ورزی متداول (شخم و دیسک)، مخلوط با خاک شدند و یا با خاک ورزی صفر در سطح زمین باقی گذاشته شدند.

عملکرد دانه ذرت در پنج ردیف مرکزی هر کرت اندازه‌گیری شد. هیچگونه نمونه برداری از خاک این قسمت در طول هفت سال آزمایش انجام نشد. به منظور ارزیابی عملکرد، میانگین عملکرد دو سال آخر (۱۳۹۰-۱۳۸۹) مورد استفاده قرار گرفت. تصور عمومی بر این است که مزایای عمده کشاورزی حفاظتی پس از آن که مدت پنج سال یا بیشتر در یک محل انجام شد، آشکار می‌شود (Bradford and Peterson, 2000). عملکرد دانه با رطوبت ۱۲ درصد و به صورت درصدی از بیشترین عملکرد، یعنی عملکرد نسبی، ثبت شد. عملکرد نسبی، امکان مقایسه تیمارها را در طول سال‌ها فراهم می‌کند و پتانسیل عملکرد خاص هر سال در نظر گرفته نمی‌شود (Govaerts *et al*., 2005).

بعد از برداشت محصول ذرت در سال آخر (شهریور سال ۱۳۹۰)، نمونه برداری از خاک برای اندازه‌گیری ویژگی‌های آن انجام شد. هر کرت به دو قسمت تقسیم و ۱۵ نمونه فرعی از هر کرت فرعی برداشته شد. ۱۵ نمونه فرعی مخلوط شدند، به صورتی که دو نمونه خاک مرکب از هر کرت برای بررسی خصوصیات شیمیایی بدست آمد. نمونه‌های خاک

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

مرکب از عمق‌های صفرتا ۵، ۵ تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر جمع‌آوری شدند. نمونه‌ها در هوای آزاد خشک و از غربال ۲ میلی‌متری عبور داده شده و ویژگی‌های مورد نظر طبق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. ویژگی‌های فیزیکی (مقاومت در برابر نفوذ، رطوبت و وزن مخصوص ظاهری)در محل، در هشت نقطه در هر کرت اندازه‌گیری شدند (Govaerts *et al.*, 2005). مقاومت در برابر نفوذ با دستگاه نفوذ سنج (SP1000, Bosch) اندازه‌گیری شد. این ابزار مقاومت تا نیروی ۵۰ کیلوگرم تا عمق ۵۰ سانتیمتری را اندازه‌گیری می‌کند. میزان مقاومت در برابر نفوذ بر حسب سانتی‌متر تا عمقی که نفوذ ممکن بود، اندازه گیری و میانگین آن برای هر کرت محاسبه شد. نمونه‌های خاک برای خاکدانه‌های خشک از عمق صفر تا ۵ سانتی‌متری در دو نقطه در ردیف‌های هر کرت جمع‌آوری و بعد از هوا خشک کردن، با استفاده از همزن اتوماتیک با سرعت ۱۲ دور در دقیقه و الک هایی با اندازه‌های ۳۸، ۱۲/۷، ۶/۴، ۲/۰، ۰/۳۸ و ۰/۴۲ میلی‌متر غربال شدند. میزان دانه‌های باقی‌مانده روی هر الک یادداشت شدند و نتایج به صورت درصد توزیع اندازه خاکدانه‌ها و همچنین میانگین وزن قطری بیان شد. تکه‌های بزرگ ریشه باقی مانده در خاک پس از الک کردن، برداشته شد.

تحلیل آماری با استفاده ازنرم افزارآماری SASو روش GLM, PRINCOMP انجام شد (SAS, 1994). متغیرها براساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گروه بندی شدند. برای آزمون فرضیه صفر از آزمون لامبداویلکز (Wilk's Lambda) وFآماری استفاده شد. تحلیل واریانس تک متغیری با این معیار انجام شد (Wander and Bollero, 1999). متغیرهایی که F آماری عامل طبقه‌بندی شده برای شخم و بقایای آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دارنبود،برای تجزیه وتحلیل بعدی نگهداشته نشدند. سپس کلیه متغیرهای فیزیکی وشیمیایی باقی مانده با استفاده از تجزیه به مولفه های اصلی (PCA) مورد بررسی قرار گرفتند که بر این اساس تعداد متغیرهای مستقل کاهش داده شد تا مشکلات هم خطی چندگانه حل شود. متغیرها قبل از تجزیه به مولفه‌های اصلی به طور خودکار مقیاس‌بندی شدند. تعداد مولفه ها با استفاده از مقیاس مقدار ویژه (Eigen value-one) مشخص شدند. علاوه بر این، یک آزمون scree برای اثبات نتایج اولیه انجام شد. یک چرخش VARIMAX برای افزایش قابلیت تفسیر مولفه‌های بدون همبستگی انجام شد. همه بارگیری های معنی دارد ر تفسیر مولفه های اصلی در نظرگرفته شدند. مولفه های چرخانده شده برای بر از شرگرسیون چندگانه با عملکرد ذرت به عنوان متغیرهای وابسته و مولفه‌های اصلی به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. از آزمون حداقل اختلاف معنی دارد رسطح احتمال پنج درصد برای تعیین تفاوت معنی‌دار بین میانگین تیمارها استفاده شد.

نتایج و بحث

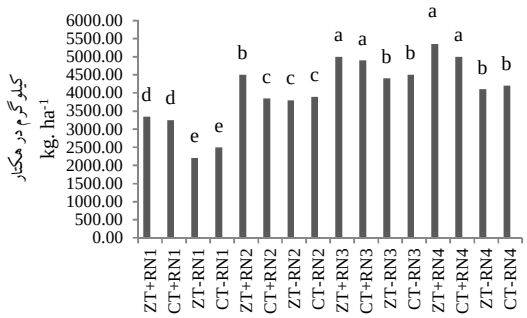
تجزیه واریانس، آثار اصلی و متقابل تیمارها را در طی ۷ سال آزمایش نشان داد که به جز اثر اصلی بقایا، مابقی آثار اصلی معنی‌دار بودند. بیشترین میانگین عملکرد دانه ذرت در دو سال پایانی آزمایش (۱۳۹۰-۱۳۸۹) در تیمار بدون خاک‌ورزی با حفظ بقایا و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن(ZT+RN4)به‌دست آمد (شکل ۱) و کمترین مقدار عملکرد دانه برای تیمار بدون خاک‌ورزی بدون بقایا و بدون کود نیتروژن (ZT-RN1) به‌دست آمد که حدود ۳۷درصد از مدیریت مشابه با نگهداری کامل بقایا کمتر بود (شکل ۱). نگهداری بقایای گیاه زراعی قبلی در هر دو تیمار خاک‌ورزی مهم بود، اما در تیمار بدون خاک‌ورزی مهم‌تر بود. به‌نظر می‌رسد که تیمار خاک‌ورزی مرسوم (CT) برخی از اثرات نامطلوب از بین بردن بقایا را تعدیل می‌کند. یک شیوه مدیریت خوب باید هم به افزایش و هم ثبات عملکرد منجر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

شود. تنها با توجه به اثر متقابل عملکرد سال به سال جزئی با تیمارها در سطح عملکرد متوسط، تغییرات سال به سال در عملکرد ذرت به صورت قابل توجهی کم بود (شکل ۲). تیمار بدون خاک‌ورزی با حفظ بقایا، بیشترین ثبات را با حداقل تنوع سال به سال داشت. گرایش این تیمار به سمت عملکرد بالا و پایدار بود، اگر چه در طول سال‌های آغازین کم بازده بود. اثر بقایا در رشد گیاه زراعی و عملکرد به طور عمده از طریق تغییر در خواص خاک که فرآیندی کند است، ظاهر می‌شود، بنابراین مدت زمان نسبتا طولانی لازم است تا مزایای کامل بدون خاک‌ورزی با حفظ بقایا، پدیدار شود. هنگامی که بقایای زراعت قبلی از بین برده شدند، اثر تیمار بدون خاک‌ورزی بسیار ناپایدار بود (شکل ۲).

با مصرف نیتروژن، عملکرد دانه‌های ذرت بهبود یافت، به‌طوریکه تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن (N2)، بطور متوسط افزایش ۲۵ درصدی (در مقایسه با عدم مصرف نیتروژن)(N1) را نشان داد (شکل ۱). در مقایسه با عدم مصرف نیتروژن، عملکرد دانه ذرت به طور معنی‌داری در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمار بدون خاک‌ورزی افزایش یافت، اما افزایش عملکرد در تیمار خاکورزی مرسوم تنها با استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن (N3) معنی‌دار شد. اگرچه عملکرد دانه با ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هر دو تیمار با و بدون بقایا (R+ و R–) به طور معنی‌داری افزایش یافت، اما با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن (N4)، عملکرد در تیمار با بقایا افزایش داشت، ولی در تیمار بدون بقایا اینگونه نبود (شکل ۱). در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن، عملکرد دانه در تیمار خاکورزی مرسوم بدون بقایا افزایش نداشت و تنها به مقدرا کمی عملکرد را در تیمار خاکورزی مرسوم با بقا (CT+R) افزایش داد. تیمارهای بدون خاک‌ورزی همراه با بقایا، به مصرف نیتروژن خیلی بهتر پاسخ دادند. در سال‌های اولیه آزمایش، تیمار بدون خاک‌ورزی ودر شرایطی که کود نیتروژن مصرف شده بود، مشخص شد که باقی گذاشتن بقایای گندم روی خاک، عملکرد محصول ذرت را در مقایسه با حذف آن، کاهش می‌دهد که این موضوع احتمالاً به دلیل کاهش تحرک نیتروژن در اثر وجود بقایای حاوی کربن بسیار زیاد نسبت به نیتروژن (۱:۸۰) و اثرات دگر آسیبی احتمالی بقایا می‌باشد (Huang *et al*., 2013).

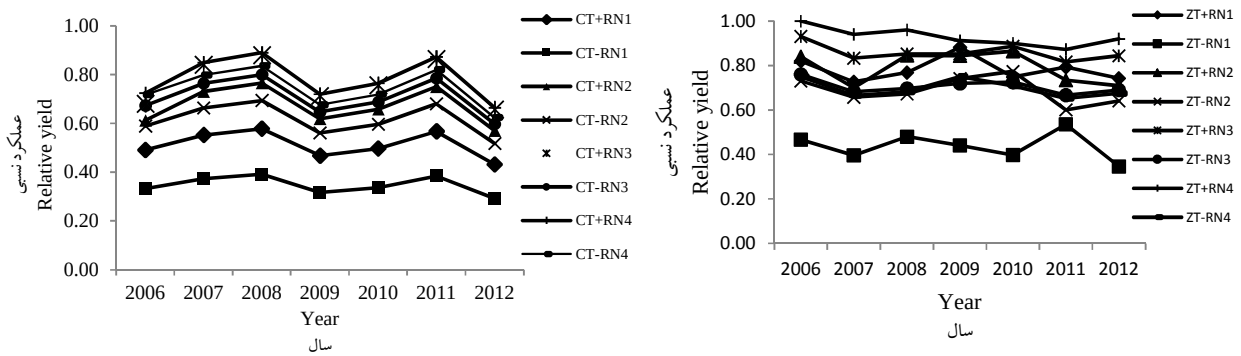


شکل ۱- میانگین عملکرد دانه ذرت (۱۳۸۸-۱۳۹۰) در تیمارهای بدون خاک‌ورزی (ZT) و خاک‌ورزی مرسوم (CT)، مقادیر کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) (N1-N4) و مدیریت بقایا؛ با بقایا (+R) و بدون بقایا (-R). حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد است

Fig. 1. Average grain yields of maize (2009 – 2011) under zero tillage (ZT) and conventional tillage (CT), nitrogen fertilizer (0, 100, 200 and 300 kg N ha^{-1}; N1-N4), with residue (+R) and without residue (−R). Similar letters indicate not significant difference between treatments at 5% probability level

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]



شکل ۲- عملکرد دانه ذرت (۱۳۹۰-۱۳۸۴) که بصورت نسبتی از بالاترین عملکرد هر سال بیان شده است. تیمار بدون خاک‌ورزی (شکل راست) و خاک‌ورزی مرسوم (شکل چپ)، مقادیر کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) (N1-N4) و مدیریت بقایا؛ با بقایا (R+) و بدون بقایا (R-)

Fig. 2. Grain yield of maize (2006-2012) expressed relative to the highest yield of that year for zero tillage (ZT) (right) and conventional tillage (CT) (left). Nitrogen fertilizer (0, 100, 200 and 300 kg N ha^{-1}; N1-N4), with residues (+R) and without residues (−R)

میزان رطوبت ذخیره شده در خاک در سطوح کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲)، اما میزان رطوبت در تیمار با بقایا (R+) در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر در همه سال‌ها بیشتر از بدون بقایا (R–) بود. همچنین در تیمار بدون خاک‌ورزی بیشتر ازخاک‌ورزی مرسوم بود (جدول ۲). تیمار بدون خاک‌ورزی با بقایا بیشترین رطوبت خاک را در بسیاری از موارد داشت. نتایج تحقیقات قبلی نیز نشان داده است که حذف خاک‌ورزی و حفظ بقایا، اغلب ظرفیت خاک برای ذخیره آب را بهبود می‌بخشد (Malhi *et al*., 2006) ؛ همچنین، افزایش تخلخل کلی، به ویژه تخلخل‌های کوچک، به دلیل اضافه شدن مواد آلی احتمالاً منجر به افزایش ظرفیت حفظ رطوبت می‌شود و وجود بقایا روی سطح خاک، اثر مالچی روی سطح خاک را دارد (Malhi *et al*., 2006)، با این حال تفاوت بین تیمارها در این آزمایش ناچیز بود. نتایج این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط سایر محققان است که نشان دادند تفاوت در میزان رطوبت خاک در شیوه‌های مدیریت بقایا در کشت آبی کمتر از شرایط دیم بود که این موضوع به علت اصلاح اثر آبیاری است که باعث می‌شود عوامل دیگر از قبیل در دسترس بودن عناصر غذایی مهم‌تر از شرایط دیم شود (Verhulst *et al*. 2009).

خاکدانه‌های خشک کمتر از ۰/۸۳ میلی‌متر در آزمایش حاضر به عنوان بخش فرسایش پذیر با باد در نظر گرفته شدند (Malhi *et al*., 2006). در پایان هفت سال آزمایش، نسبت خاکدانه‌های فرسایش پذیر با باد در سطح خاک در تیمار خاکورزی مرسوم در مقایسه با تیمار بدون خاک‌ورزی به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۲). افزودن بقایا به خاک باعث کاهش خاکدانه‌های فرسایش‌پذیر بادی شد. تیمار بدون خاک‌ورزی با بقایا کمترین مقدار خاکدانه‌های فرسایش‌پذیر بادی (۳۴ درصد) و بیشترین مقدار خاکدانه‌های درشت‌تر (۳۷ درصد) را داشت، در حالی که تیمار خاکورزی مرسوم بدون بقایا، بیشترین مقدار خاکدانه‌های فرسایش‌پذیر بادی (۵۰ درصد) و کمترین مقدار خاکدانه‌های درشت‌تر (۱۸ درصد) را داشت. این موضوع نشان دهنده کاهش پتانسیل فرسایش خاک در شرایط حفظ بقایای گیاه زراعی است. بقایای گیاهی تازه برای تشکیل خاکدانه‌های جدید، نقاط

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

داغ حاصل از فعالیت‌های میکروبی که در آن خاکدانه‌های جدید خاک توسعه یافته و تشکیل مرکز هسته می‌دهند، ایجاد کرده و علاوه بر این، حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک تجزیه خاکدانه‌ها را با حفاظت از آنها در برابر اثرات قطره‌های باران کاهش می‌دهد (De Gryze *et al.*, 2005). میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (Mean weight diameter; MWD) به طور کلی در شرایط با بقایا بیشتر از شرایط بدون بقایا در هر دو تیمار خاک‌ورزی بود و در هر دو روش مدیریت بقایا درشرایط بدون خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود (جدول ۲). بیشترین مقدار برای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در تیمار بدون خاکورزی با بقایا (۱۵/۱ میلی‌متر) و کمترین مقدار آن در تیمار خاکورزی مرسوم بدون بقایا (۷/۳ میلی‌متر) مشاهده شد. این موضوع با یافته‌های گزارش شده توسط سایر محققان مبنی بر اینکه حداقل خاک‌ورزی با بیشترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها همراه است، مطابقت دارد (Fuentesa *et al.*, 2009). نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داده است که در شرایط خاک‌ورزی متداول بیشترین مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بدست آمد. هیچ توضیح روشنی بر خلاف یافته‌های به‌دست آمده وجود ندارد (Fuentesa *et al.*, 2009). آنها بر این باورند که باران بسیار سنگین در طول آزمایش و تر و خشک شدن خاک اثر تخریبی بر روی خاکدانه‌ها داشت.

با افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، خاکدانه‌های درشت‌تر افزایش یافته و خاکدانه‌های ریز به طور قابل توجهی کاهش یافتند (جدول ۲). این موضوع ممکن است به علت رشد بهتر ریشه گیاه ذرت که به بهبود خواص فیزیکی خاک کمک می‌کند، بوده باشد (Agostini *et al*. 2012) . نتایج مربوط به خاکدانه‌ها، تاثیر بسیار بیشتر تیمار بدون خاک‌ورزی نسبت به مدیریت بقایا در بهبود ساختار خاک را نشان داد (جدول ۲).

خاک‌ورزی و مدیریت بقایا اثر قابل توجهی بر وزن مخصوص ظاهری خاک داشت (جدول ۲)، اما مقدار نیتروژن هیچ اثری بر آن نداشت. تفاوت در وزن مخصوص ظاهری احتمالاً می‌تواند به محتوای کربن آلی خاک بیشتر در حضور بقایا، نسبت به شرایط بدون بقایا باشد. نتایج پژوهش حاضر در راستای گزارش‌های سایر پژوهشگران بود (Agostini *et al.*, 2012) که نشان دادند وزن مخصوص ظاهری در شرایط بدون خاک‌ورزی افزایش می‌یابد.

نتایج نشان داد که در کرت‌هایی که بقایا، هم در سطح و یا در ترکیب با خاک، در خاک نگهداری می‌شدند، مقاومت در برابر نفوذ، بدون در نظر گرفتن مقدار نیتروژن، کاهش یافت (جدول ۲). تیمار بدون خاک‌ورزی با بقایا نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی و بدون بقایا، مقدار آب بیشتر و مقاومت کمتری در برابر نفوذ داشتند (جدول ۲). در تیمارهای بدون خاک‌ورزی با بقایا و خاک‌ورزی مرسوم با بقایا، رطوبت خاک و مقاومت در برابر نفوذ نسبت به تیمارهای بدون بقایا (ZT-R و CT-R) بسیار همگن‌تر بودند (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد که تنوع مقاومت در برابر نفوذ بین تیمارها، تنها ناشی از مدیریت بقایا و بدون خاک‌ورزی و یا تقابل بین آن‌ها است. این موضوع با نتایج سایر محققان مطابقت داشت. گزارش شده است که تراکم خاک مشاهده شده (مقاومت در برابر نفوذ در شرایط حذف بقایا)، حرکت آب در سراسر پروفایل خاک را با محدودیت مواجه کرده و باعث کاهش رطوبت خاک می‌شود (Govaerts *et al.*, 2005). حفظ رطوبت به افزایش دانه‌بندی خاک، کاهش تبخیر و بهبود نفوذ مربوط است. این وضعیت در شرایط بدون خاک‌ورزی و حفظ بقایا مشاهده شد. علاوه بر این، حفظ بقایا در سطح خاک با خاک‌ورزی صفر و حفظ بقایای گیاه زراعی به صورت توالی‌هایی از موانع عمل کرده، سرعت رواناب را کاهش داده و زمان بیشتری به نفوذ آب فراهم می‌کند.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

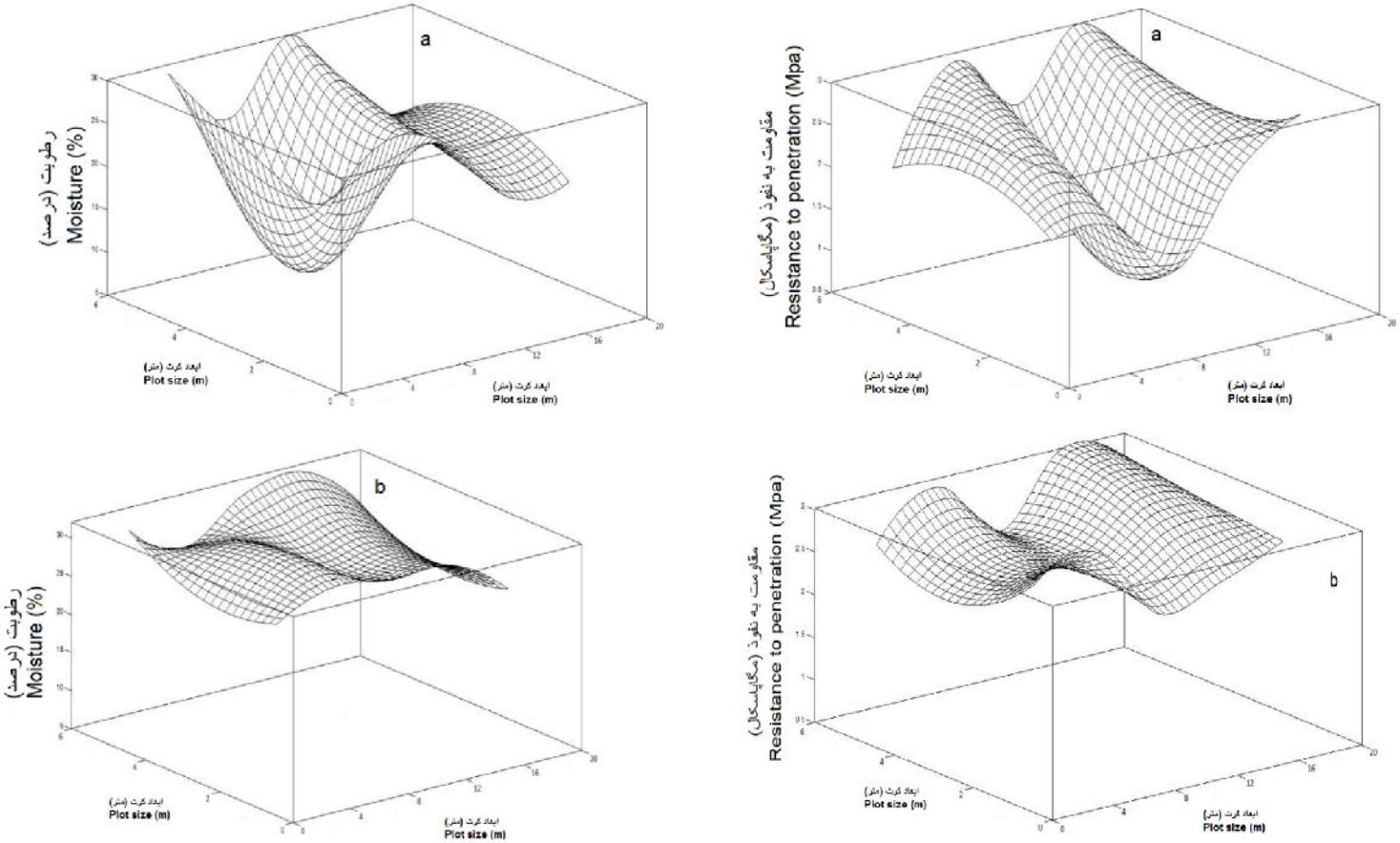
[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

اسیدیته خاک در اثر مدیریت بقایا، نوع خاک‌ورزی و مقدار نیتروژن به طور قابل توجهی تحت تاثیر قرار گرفت، اما تغییرات آن تنها در لایه پنج سانتی‌متری بالای خاک مشاهده شد (جدول ۳). هدایت الکتریکی در لایه‌های مختلف خاک، تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت (جدول ۳). استفاده از اوره می‌تواند به اسیدی شدن خاک منجر شود. از سوی دیگر حفظ بقایا می‌تواند بسته به خاک و آب و هوا، در اسیدی کردن خاک و یا برعکس بازگرداندن حالت بازی تأثیر گذار شود (Githinji *et al*., 2011) . اسیدی شدن خاک ناشی از کودهای معدنی، به ویژه کود آمونیوم و اوره، با توجه به جذب آمونیاک توسط گیاه زراعی یا نیتریفیکاسیون آن، یک اثر مشخص در اسیدیته خاک دارد. این فرایندها یون‌های هیدروژن تولید می‌کنند (Havlin *et al*., 1999). این پدیده به وضوح در خاک‌های تحت تیمار بدون خاک‌ورزی بدون بقایا با اسیدیته ۵/۸۱ نشان داده شد که بر خلاف مقدار اولیه در شروع آزمایش با اسیدیته ۶/۵ بود (Havlin *et al*., 1999). این اسیدی شدن قوی می‌تواند در دسترس بودن برخی از مواد مغذی (Ca، K، N، Mg، Mo، P، S) را کاهش دهد (Fischer *et al*., 2002). در مقابل در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم با بقایا و بدون بقایا و تیمار بدون خاک‌ورزی با بقایا، دامنه اسیدیته بین ۶ تا ۶/۵ بود که برای در دسترس بودن مواد مغذی مناسب است (Havlin *et al*., 1999). اسیدی شدن خاک در تیمار بدون خاک‌ورزی بدون بقایا، با افزایش کود نیتروژن و عدم رطوبت و افزایش تراکم خاک در این تیمار که مانع از تحرک و در دسترس بودن آنها برای گیاه زراعی شده و در پنج سانتی‌متر اول نیمرخ خاک باقی می‌ماند، توسط سایر پژوهشگران تائید شده است (Fischer *et al*., 2002). این پدیده در کرت‌های تحت تیمار بدون خاک‌ورزی با بقایا، خاک‌ورزی مرسوم با بقایا و خاک‌ورزی مرسوم بدون بقایا، مشاهده نشد، هر چند مقدار مصرف کود نیتروژن یکسان بود، عملکرد دانه ذرت در این تیمارها در مقایسه با تیمار بدون خاک‌ورزی بدون بقایا، بیشتر بود (شکل ۱). این بدین معنی است که تقاضای بیشتر عناصر غذایی در کرت‌های اولیه وجود داشته و شرایط رطوبتی اجازه دسترسی گیاه به کود را می‌دهد. این یافته با نتایج سایر محققان مطابق بود. آنها گزارش دادند که کرت‌های با شخم حفاظتی، کمترین مقدار اسیدیته خاک را داشتند، البته تفاوت بین تیمارها، در حداقل مقدار بود (Githinji *et al*., 2011).

در پایان آزمایش، مجموع کربن آلی و نیتروژن آلی خاک، در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری در شرایط با بقایا در قیاس با بدون بقایا، به طور قابل توجهی بیشتر بود (جدول ۳). افزایش میزان کربن و نیتروژن آلی خاک در رابطه با حفظ بقایا، رابطه نزدیک با ورود بیشتر کربن و نیتروژن به خاک از طریق بقایا در تیمار با بقایا در مقایسه با بدون بقایا داشت. همچنین کربن آلی خاک و نیتروژن در تیمار بدون خاک‌ورزی از تیمار خاک‌ورزی مرسوم بیشتر بود. محققان گزارش کرده‌اند که خاک‌ورزی مرسوم ویژگی‌های کربن آلی خاک را تغییر داده و باعث کاهش کربن آلی می‌شود (Malhi *et al*., 2006). در مقابل، تیمار خاک‌ورزی مرسوم با بقایا، پدیده‌های مرتبط با رطوبت و چرخه مواد غذایی را بهبود داده و باعث کاهش فرسایش شده و در نتیجه به حفظ ترکیب آلی خاک کمک می‌کند. سطح کمتر کربن آلی در تیمار خاک‌ورزی مرسوم احتمالاً در اثر مواد آلی زیاد خاک و تجزیه آن‌ها است که معمولاً با اختلال در خاکدانه‌های خاک، افزایش می‌یابد (Malhi and Lemke, 2007). این وضعیت با حذف بقایا از سطح خاک و مخلوط کردن آنها در طی خاک‌ورزی مرسوم افزایش می‌یابد، در مقابل خاک‌ورزی حفاظتی که در آن بقایا در سطح

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]



شکل ۳- مقاومت به نفوذ آب و میزان رطوبت در کرت‌های بدون خاک‌ورزی و بدون بقایا (a) و کرت‌های با خاک‌ورزی مرسوم و همراه با بقایا (b)

Fig. 3. Resistance to penetration and volumetric moisture in (a) in zero tillage (ZT) and without residues and (b) with zero tillage (ZT) and with residues

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

جدول ۲- اثر نوع خاک‌ورزی، مدیریت بقایا و مقدار نیتروژن بر رطوبت خاک، وزن مخصوص ظاهری، مقاومت در برابر نفوذ، درصد توزیع اندازه خاکدانه ها و میانگین قطر وزنی خاکدانه‌ها (MVD)، پس از هفت سال اعمال تیمار

Table 2. The effect of tillage system, residue management and nitrogen fertilizer rate on the dry soil aggregate distribution percentage for each size and mean weight diameter (MWD) at the end 7 years of treatments application

تیمارهای آزمایشی Treatments		رطوبت خاک Soil moisture content ($g.kg^{-1}$)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($g.cm^{-3}$)	مقاومت به نفوذ آب Resistance to penetration (MPa)	میانگین قطر وزنی خاکدانه MVD (mm)	درصد توزیعاندازه‌خاکدانه‌ها Percentage of soil aggregate size (mm) <0.42	0.42–0.83	0.83–2.0	2.0–6.4	6.4–12.7	12.7–38.0	>38.0
مدیریت خاک‌ورزی Tillage	بدون خاک‌ورزی ZT	239.43	1.21	2.22	13.4	25.8	11.2	5.8	16.2	8.2	20.6	12.2
	خاک‌ورزی مرسوم CT	218.95	1.09	1.72	7.79	35.8	12.8	6.1	17.4	8.7	15.1	4
LSD		ns	0.11*	0.17*	1.81**	2.55**	0.82**	ns	ns	ns	1.83**	3.41**
نیتروژن N ($kg.ha^{-1}$)	0	220.3	1.15	2.10	7.29	37.2	12.8	5.9	17	8.8	15.1	3.1
	100	237.8	1.17	1.98	8.29	34.5	12.9	6.7	17.7	8.6	15.1	5
	200	240.1	1.20	1.99	11.73	28	12.2	6.5	16.5	7.8	19.4	9.6
	300	239.5	1.21	1.98	15.07	23.7	10.1	5.2	15.9	8.5	21.8	14.7
LSD		ns	ns	ns	ns	ns	0.16**	0. 3**	0.45*	ns	ns	ns
مدیریت بقایا Residue	با بقایا +R	261.4	1.24	1.75	11.69	29.1	11.5	5.7	16.8	8.6	18.5	9.8
	حذف بقایا -R	196.7	1.10	2.58	9.51	32.6	12.5	6.2	16.8	8.3	17.3	6.3
LSD		23.16*	0.09*	0.58*	0.82*	2.5**	0.8**	0.35**	ns	ns	ns	3.4*

ns، *و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD)

ns, *, **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

جدول ۳- اثر نوع خاک‌ورزی، مدیریت بقایا و مقدار نیتروژن بر وزن کربن آلی کل، وزن نیتروژن کل، اسیدیته و قابلیت هدایت الکتریکی در لایه‌های مختلف خاک پس از هفت سال اعمال تیمار

Table 3. The effect of tillage system, residue management and nitrogen fertilizer rate on soil pH, EC ($dS.m^{-1}$), mass of total organic C (TOC) and total N (TN), at the end 7 years of treatments application

تیمارهای آزمایشی Treatments		وزن کربن آلی کل Mass of TOC ($Mg\ C.ha^{-1}$)			وزن نیتروژن کل Mass of TN ($Mg\ N.ha^{-1}$)			اسیدیته pH			هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)		
		0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
مدیریت خاک‌ورزی Tillage	بدون خاک‌ورزی ZT	24.85	23.33	11.39	1.842	1.788	1.668	5.82	6.82	6.6	0.09	0.09	0.08
	خاک‌ورزی مرسوم CT	23.14	23.04	11.2	1.8	1.7	0.94	6.14	6.25	6.62	0.08	0.08	0.07
LSD		ns	ns	ns	ns	ns	0.12*	ns	0.16*	ns	ns	ns	ns
نیتروژن N ($kg.ha^{-1}$)	0	23.45	22.93	10.12	1.81	1.65	0.93	6.27	6.54	6.77	0.07	0.07	0.07
	100	24.91	23.12	10.78	1.83	1.69	0.90	6.11	6.40	6.63	0.09	0.08	0.07
	200	25.59	23.02	10.71	1.84	1.7	0.89	5.95	6.24	6.51	0.08	0.09	0.08
	300	26.01	23.65	11.61	1.84	1.77	1.04	5.64	6.01	6.40	0.1	0.09	0.08
LSD		ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.15*	0.11*	0.12*	ns	ns	ns
مدیریت بقایا Residue	با بقایا +R	24.31	23.59	13.12	1.85	1.75	1.07	6.17	6.3	6.64	0.09	0.09	0.07
	حذف بقایا -R	20.02	18.01	9.5	0.99	1.72	0.81	5.8	6.23	6.56	0.07	0.08	0.07
LSD		1.68*	2.05*	1.24*	0.25*	ns	ns	0.18*	ns	ns	ns	ns	ns

ns، *و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD)

ns, *, **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

خاک نگه‌داشته می‌شود، ورودی مواد آلی افزایش می‌دهد (Malhi and Lemke, 2007) . مقدار نیتروژن اثر معنی‌داری بر محتوای کربن آلی و نیتروژن کل خاک نداشت، هر چند میزان این پارامترها در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن که بالاترین مقدار نیتروژن مورد استفاده در این آزمایش بود، حداکثر بود (جدول ۳). محققان تصریح کرده‌اند که کربن آلی خاک در کشت گندم با استفاده از کود نیتروژن، ۶۲ درصد بالاتر از بدون کود بود که دلالت بر تشدید ورود منابع آلی و معدنی به خاک است (Chivenge *et al.*, 2011). تولید مواد آلی در خاک یک فرایند کند است و سال‌ها طول می‌کشد تا مقادیر قابل توجهی از مواد آلی در خاک جمع شود. به همین دلیل است که در آزمایش حاضر بسیاری از عوامل، به ویژه خاک‌ورزی و مقدار نیتروژن، بر کربن آلی و نیتروژن کل خاک اثر معنی‌داری نداشتند. محققان گزارش دادند که هشت سال خاک‌ورزی مرسوم، مقدار کربن آلی یا نیتروژن کل خاک را افزایش نداد، اما حذف بقایا در یک تناوب زراعی منجر به کاهش کربن آلی و نیتروژن آلی کل خاک شد (Malhi and Lemke, 2007). حفظ بقایا همراه با مصرف کود شیمیایی، تاثیر سودمندی بر افزایش کربن آلی خاک سطحی نداشت که این موضوع در سایر تحقیقات نیز نشان داده شده است (Chivenge *et al.*, 2011) ، آنها گزارش کردند که یک دلیل احتمالی می‌تواند مقدار کم بقایای گیاهی (کمتر از دو تن در هکتار) در این آزمایشات باشد.

پارامترهای در حال بارگذاری که پس از چرخش وریماکس به دست آمده در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) با استفاده از ویژگی‌های خاک که بین تیمارها به طور قابل توجهی متفاوت بودند، انجام شد. دو مولفه با مقادیر ویژه بزرگ‌تر از ۱ نگه داشته شدند که بیش از ۱۰ درصد از کل واریانس را توجیه می‌کنند. اولین مولفه (PC1)، ۵۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد. مولفه اول بارگذاری مثبت از کربن آلی و نیتروژن کل در لایه‌های صفر تا ۵ سانتی‌متری و ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری، مقدار آب و خاکدانه‌ها داشت. اسیدیته خاک در لایه صفر تا ۵ سانتی‌متری به صورت مثبت و مقاومت در برابر نفوذ، بصورت منفی در دومین مولفه (PC2) که ۲۳ درصد دیگر از تغییرات را توجیه کرد، بارگذاری شدند. مجموع دو مولفه ۸۲ درصد از تغییرات را توجیه کردند.

جدول ۴- پارامترهای بارگذاری شده در اجزای اصلی برای تیمارها تحت کشت ذرت

Table 4. Rotated loadings on the principal components for treatments cultivated with maize.

Measurements	سنجش‌ها	مولفه‌هایاصلی Principal components	
		مولفه اول PC1	مولفه دوم PC2
Eigenvalues	مقادیر ویژه	5.84	2.26
Proportions [a]	نسبت‌ها♦	0.59	0.23
Rotated loading on two retained components [b]	بارگیری پارامترها در دو جزء باقیمانده▪		
Total C (0-5 cm)	کربن کل در لایه صفر تا ۵ سانتیمتر	0.97[c]	0.16
Total N (0-5 cm)	نیتروژن کل در لایه صفر تا ۵ سانتیمتر	0.93[c]	0.10
pH (0–5 cm)	اسیدیته در لایه صفر تا ۵ سانتیمتر	0.15	0.94[c]
Total C (5-10 cm)	کربن کل در لایه ۱۰-۵ سانتیمتر	0.88[c]	0.36
Total N (5-10 cm)	نیتروژن کل در لایه ۱۰-۵ سانتیمتر	0.85[c]	0.24
pH (10–20 cm)	اسیدیته در لایه ۲۰-۱۰ سانتیمتر	-0.12	0.57[c]
Mechanical resistance	مقاومت در برابر نفوذ	-0.02	-0.91[c]
Soil water content	مقدار آب خاک	0.79[c]	0.45[c]
Aggregates in dry sieving	پایداری خاکدانه	0.93[c]	-0.21

♦ نسبت‌ها: بیانگر نوسان مجموع از داده‌های پایه با توجه به جزء اصلی مربوطه هستند

▪ تنها اجزای اصلی با مقادیر ویژه بزرگ‌تر از ۱ که بیش از ۱۰ درصد از مجموع نوسان را توجیه می‌کنند، نگه داشته شدند

● پارامترهای با بارگذاری معنی‌دار در داخل ستون اجزای اصلی هستند

♦ Proportions of the total variation in the original database explained by the corresponding principal components.

▪ Only principal components with Eigen values >1 and that explain >10% of the total variance were retained.

● Parameters with significant loadings on the within column principal component.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

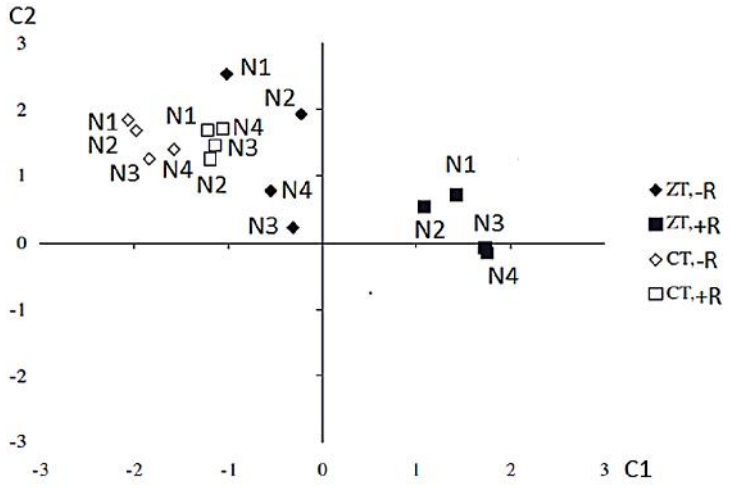
[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

در نمودار پراکندگی، خاک‌ها در گروه‌های مختلف قرار گرفتند (شکل ۴). تیمار بدون خاک‌ورزی با بقایا، مستقل از مقدار نیتروژن، غنی از کربن آلی در لایه صفر تا ۵ سانتی‌متر و ۵-۱۰ سانتی‌متر، محتوی آب و خاکدانه بود، یعنی مولفه اول مثبت است. تیمار بدون خاک‌ورزی بدون بقایا در یک چهارم تحتانی سمت چپ قرار گرفت، یعنی مولفه اول منفی، محتوای کربن آلی آنها کمتر، خاکدانه‌های پایداری کمتری داشته و مقدار آب آن‌ها نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی با بقایا کمتر بود، اما اسیدیته در لایه صفر تا ۵ سانتی‌متری و ۱۰-۲۰ سانتی‌متری کمتر و مقاومت به نفوذ بیشتر بود. تیمار خاک‌ورزی مرسوم در هر دو حالت حفظ یا حذف بقایا که حالت دوم با محتویات کربن آلی کمتر بود، در یک چهارم فوقانی سمت چپ نمودار قرار گرفت، یعنی مولفه اول منفی و مولفه دوم مثبت است. روش آماری چند متغیره مانند تجزیه به مولفه‌های اصلی ممکن است اولین گام مناسب برای ارزیابی کیفیت خاک در مناطق و سیستم‌های کشت باشد (Wander and Bollero, 1999) و آن را به یک ابزار بالقوه برای شناسایی حساس‌ترین ویژگی خاک موثر بر عملکرد گیاه تبدیل کرده است (Jiang and Thelen, 2004). محققان روش‌های شاخص کیفیت خاک را برای سیستم‌های تولید محصول مقایسه کرده و تجزیه به مولفههای اصلی را به عنوان یک روش مناسب برای انتخاب حداقل مجموعه داده‌های کمی (Minimum set of quantitative data; MDS) برگزیده‌اند (Andrews *et al*., 2002) . آنها نتیجه گرفتند که هر دو روش منجر به MDS می‌شود که به طور مساوی نماینده تنوع در اندازه‌گیری‌های نقطه پایانی از مزرعه و اهداف مدیریت زیست محیطی برای سیستم‌های تولید سبزیجات که آنها در نظر گرفته بودند، بود. با این حال، روش تجزیه به مولفه‌های اصلی نیاز به مجموعه بزرگ از داده‌ها دارد. نتایج ارائه شده نشان می‌دهد که روش تجزیه به مولفه‌های اصلی برای انتخاب MDS بسیار مناسب است. بر اساس تجزیه به مولفه‌های اصلی، متغیرهای شیمیایی و فیزیکی در اجزای مختلف گروه‌بندی شدند. کربن آلی، نیتروژن کل ، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک، ویژگی‌های شیمیایی بودند که نسبت به تغییر کیفیت خاک حساسیت بیشتری داشتند، در حالی که ویژگی‌های فیزیکی شامل خاکدانه، رطوبت و مقاومت در برابر نفوذ بودند. در آزمایشی روی کیفیت خاک، پنج عامل پس از تجزیه به مولفه‌های اصلی از جمله ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی مربوط به یک یا چند ویژگی خاک (مانند آب و ذخیره مواد غذایی، ساختمان خاک، هوادهی و غیره) را شناسایی کردند- (Shukla *et al*., 2006). نشان داده شده است که چرخه نیتروژن به طور مستقیم با کربن مرتبط است (Schlesinger, 1997). محققان گزارش کردند که کربن آلی کل، یک ویژگی حساس برای کیفیت خاک است (Karlen *et al*., 2006). همانطور که در آزمایش حاضر نیز کربن آلی خاک به عنوان مهم‌ترین ویژگی خاک بود. در یک آزمایش مقایسه‌ای بین شرایط بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در کانادا گزارش شد که تفاوت در کیفیت خاک بر اساس مجموع کربن و نیتروژن کل بسیار به پایداری تولید محصول ارتباط دارد (Malhi and Lemke, 2007). این پژوهشگران نشان دادند که توزیع و ثبات خاکدانه‌ها شاخص‌های مهمی هستند. نتایج بسیاری از آزمایشات در شرایط اقلیمی و خاک‌های مختلف نشان داده است که همبستگی مثبتی بین کربن آلی و مواد آلی خاک و ثبات ساختاری هر دو نوع خاکدانه‌های ریز و درشت وجود دارد (Shukla *et al*., 2006). متغیرهای ذکر شده در این گزارش هم راستا با متغیرهای حساس به تغییرات کیفیت خاک در تحقیق حاضر می‌باشند. در خاک مورد بررسی در آزمایش حاضر، مولفه اول (کربن ، نیتروژن آلی ، خاکدانه و رطوبت) و مولفه دوم

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

(تـراکم، اسـیدیته و هـدایت الکتریکـی) بـا عملکـرد دانه ذرت رابطه مثبـت داشـتند (جـدول ۵). ارتبـاط بـین کیفیت بالاتر خـاک بـا عملکـرد بـالاتر در ذرت وجـود داشـت. همـان‌طـور کـه در کـرت تحـت تیمـار بـدون خاک‌ورزی با بقایا و خاک‌ورزی مرسوم بـا بقایـا نشـان داده شـده اسـت. در مقابـل، کـرت تحـت تیمـار بـدون خـاک‌ورزی بـدون بقایـا کمتـرین عملکـرد دانـه و پایین‌ترین کیفیت خاک یعنی محتویات کم کـربن آلـی و نیتـروژن کـل، ثبـات کـم خاکدانـه‌هـا، تـراکم، عـدم رطوبت و اسیدیته را داشت (شکل ۲،۱ و ۳؛ جدول‌هـای ۲ و ۳). کـارلن و همکـاران (Karlen *et al.*, 2006) در آزمایشی نشان دادند که کمترین ارزش شاخص کیفیت خـاک و سـود متوسـط ۲۰ سـاله بـا شـرایط خـاکورزی مرسوم مرتبط بود.



شکل ۴- نمودار بای‌پلات اجزای اصلی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک؛ تیمار بدون خاک‌ورزی (ZT) و خاک‌ورزی مرسوم (CT)، مقادیر کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) (N1-N4) و همراه با بقایا (+R) و بدون بقایا (-R)

Fig. 4.Biplot of the principal components representing chemical and physical soil quality; with zero tillage (ZT) and conventional tillage (CT); Nitrogen fertilizer (0, 100, 200 and 300 kg N ha^{-1}; N1-N4); with residues (+R) and without residues (−R)

جدول ۵- رگرسیون بین عملکرد دانه ذرت و اجزای اصلی ویژگی‌های خاک

Table 5. Regression between maize grain yields and the principal components of the soil parameters

		شیب Slope	
		مولفه اول PC (organic C, total N, aggregates, moisture content) (کربن آلی، نیتروژن مجموع، پایداری خاکدانه، محتوی رطوبت)	مولفه دوم PC (compaction, pH, electrolytic conductivity) (فشردگی، اسیدیته، هدایت الکتریکی)
	R		
ذرت Maize	0.87	0.74**	0.47*

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

نتیجه‌گیری

کربن آلی ، نیتروژن کل، رطوبت ذخیره شده در خاک، ثبات خاکدانه، مقاومت در برابر نفوذ آب، اسیدیته و هدایت الکتریکی عواملی هستند که تفاوت کیفیت خاک را در خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی مشخص می‌کنند. تیمار بدون خاک‌ورزی که به مدت هفت سال انجام شد، با بقایای گیاه زراعی قبلی (گندم) در زمین منجر به حفظ خاک با کیفیت بهتر شده و بعلاوه منجر به تولید عملکرد دانه ذرت بیشتر نسبت به کرت‌های تحت تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون بقایا، خاک‌ورزی مرسوم با بقایا و بدون خاک‌ورزی بدون بقایا (CT-R، CT+R و ZT-R) شد. در تیمار بدون خاک‌ورزی بدون بقایا (ZT-R)، کمترین کیفیت خاک و عملکرد دانه ذرت بدست آمد. نفوذ و رطوبت خاک اندازه‌گیری شده نشان داد که تیمار بدون خاکورزی با بقایا (ZT+R)، نسبت به تیمار خاکورزی مرسوم با بقایا (CT+R)، تراکم قابل توجهی در خاک ایجاد نکرد. یکی از مزایای حفظ بقایا در کرت‌هایی که تحت تیمارهای بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم قرار گرفته بودند، کاهش در تغییرپذیری فضایی رطوبت و مقاومت مکانیکی خاک بود. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که تیمار بدون خاک‌ورزی با حفظ بقایا، فناوری مدیریت عملی مناسبی برای کشاورزان تولیدکننده ذرت در تناوب گندم در منطقه زراعی مورد مطالعه و سایر اقلیم‌های مشابه است.

References منابع مورد استفاده

Agostini, M. de los A., G.A. Studdert, S. San Martino, J.L. Costa, R.H. Balbuena, J.M. Ressia, G.O. Mendivil and L. Lázaro. 2012. Crop residue grazing and tillage systems effects on soil physical properties and corn (*Zea mays* L.) performance. J. Soil Sci. Plant Nutr. 12 (2): 271-282.

Andrews, S. S., D. L. Karlen and J. P. Mitchell. 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. Agric. Ecosyst. Environ. 90: 25–45.

Bradford, J.M. and G.A. Peterson. 2000. Conservation tillage. In: Sumner, M.E. (Ed.), Hand book of Soil Science. CRC Press, USA.

Bremner, J.M. 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. J. Agric. Sci. 55: 11–33.

Chivenge, P., B. Vanlauwe, R. Gentile and J. Six. 2011. Organic resource quality influences short-term aggregate dynamics and soil organic carbon and nitrogen accumulation. Soil Biol. Biochem. 43: 657–666.

De Gryze, S., J. Six, C. Brits and R. Merckx. 2005. A quantification of short-term macro aggregate dynamics: influences of wheat residue input and texture. Soil Biol. Biochem. 37: 55-66.

Esmaili, M. and A. Bankesaz. 2000. Effects of planting density and row spacing on grain maize SC704 yield and yield components in Mazandaran climate condition. 6th Iranian Crop Science Congress, August 30-September 3. Babolsar. Iran. P. 337.

Fischer, R.A., F. Santiveri and I.R. Vidal. 2002. Crop rotation, tillage and crop residue management for wheat and maize in the subhumid tropical highlands. I. Maize and system performance. Field Crops Res. 79: 123–137.

Fuentesa, M., B. Govaertsb, F. De Leónc, C. Hidalgoa, L. Dendoovend, K. D. Sayre and J. Etcheversa. 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

systems and its effect on physical and chemical soil quality. Europ. J. Agron. 30: 228–237.

Githinji, H.K., J.R. Okalebo, C.O. Othieno, A. Bationo, J. Kihara and B.S. Waswa. 2011. Effects of Conservation Tillage, Fertilizer Inputs and Cropping Systems on Soil Properties and Crop Yield in Western Kenya. *In:* A. Bationo, A. *et al.* (Eds.), Innovations as Key to the Green Revolution in Africa. Springer Science + Business Media B.V.

Govaerts, B., K.D. Sayre and J. Deckers. 2005. Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting. Field Crops Res. 94: 33–42.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. USA.

Huang, S., Y. Zeng, J. Wu, Q. Shi and X. Pan. 2013. Effect of crop residue retention on rice yield in China: A meta-analysis. Field Crops Res. 154: 188–194.

Izadi, M. H. and Y. Emam. 2010. Effect of planting pattern, plant density and nitrogen levels on grain yield and yield components of maize *cv.* SC704. Iran. J. Crop Sci. 12: 239-251.

Jiang, P. and K.D. Thelen. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping systems. Agron. J. 96: 252– 258.

Karlen, D. L., E. G. Hurley, S. S. Andrews, C. A. Cambardella, D. W. Meek, M. D. Duffy and A. P. Mallarino. 2006. Crop rotation effects on soil quality at three northern corn/soybean belt locations. Agron. J. 98: 484–495.

Malhi, S. S. and R. Lemke. 2007. Tillage, crop residue and N fertilizer effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality and nitrous oxide gas emissions in a second 4-yr rotation cycle. Soil Till. Res. 96: 269–283.

Malhi, S. S., R. L. Lemke, Z. Wang, R. Farrell, B. S. Chhabra. 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield and nutrient uptake, soil quality and greenhouse gas emissions. Soil Till. Res. 90: 171–183.

Rahimizadeh, M., A. Zare-Feizabadi and A. Koocheki. 2013. Winter wheat growth response to preceding crop, nitrogen fertilizer rate and crop residue. Int. J. AgriSci. 3(9): 708-717.

SAS Institute, 1994. SAS User's Guide. SAS Inst., Cary, North Carolina, USA. **Schlesinger, W. H. 1997.** Biogeochemistry: An Analysis of Global Change, Second edition. Academic Press, Inc., San Diego, CA. USA.

Shukla, M. K., R. Lal and M. Ebinger. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. Soil Till. Res. 87: 194–204.

Verhulst, N., B. Govaerts, E. Verachtert, F. Kienle, A. Limon-Ortega, J. Deckers, D. Raes and K. D. Sayre. 2009. The importance of crop residue management in maintaining soil quality in zero tillage systems; a comparison between long-term trials in rainfed and irrigated wheat systems. 4th World Congress on Conservation Agriculture — February 4-7. New Delhi, India.

Walkley, A. 1947. A critical examination of rapid method for determining organic carbon in soils: effects of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63: 251–263.

Wander, M. M. and G.A. Bollero. 1999. Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 961–971.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]

Effect of long term residue management, tillage and application of nitrogen fertilizer on grain yield of maize (*Zea mays* L.) and soil properties

Safahani Langeroodi, A. R., [1] T. Dadgar[2], R. Pasandi[3] and M. Alavian[4]

ABSTRACT

Safahani Langeroodi, A.R., T. Dadgar, R. Pasani and M. Alavian. 2016. Effect of long term residue management, tillage and application of nitrogen fertilizer on grain yield of maize (*Zea mays* L.) and soil properties**. Iranian Journal of Crop Sciences. 18(1): 32-48. (In Persian).**

To investigate residue management, tillage and appication of nitrogen fertilizer on maize grain yield and soil properties a 7-years (2005−2011) field study was carried out at the research station of Qaemshahr Barnch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran. Experimental treatments included: (1) wheat straw management: plus residue (+R) and minus residue (-R); (2) tillage system: zero tillage (ZT) and conventional tillage (CT); and (3) Nitrogen rates: 0, 100, 200 (control) and 300 kg N ha^{-1} (N1-N4). Following 7 years of continuous practices, ZT+RN4 and ZT+RN3 had the best soil quality and produced the highest maize grain yield with averages of 5250 and 5150 $kg.ha^{-1}$ in 2010 and 2011 , respectively). Removing the residues, i.e. treatments ZT + −R + N1 had average grain yileds of 2150 $kg.ha^{-1}$ in 2010 and 2011, that was the lowest yield and soil physical and chemical properties in comparison with the other practices. Organic C, total N, moisture content, aggregates stability, mechanical resistance, pH and EC were the soil characteristics which determined the differences in soil quality between conventional tillage and zero tillage treatments. Soil organic C, total N, aggregate stability and moisture content had the highest correlations with final maize grain yield (R = 0.87**). The findings of this experiment suggest that ZT+R together with 200 kg $N.ha^{-1}$ (N3) would improve some soil properties, maize grain yield and could also be benficial for the sustainability of higher crop production systems.

Key words: Crop residue, Maize, Soil organic carbon and Tillage.

Received:, 5 November, 2015 **Accepted: 28 May, 2016**
1-Assistant Prof., Department of Agronomy, Payame Noor University. (Corresponding author) (Email: safahani_ali@yahoo.com)
2-Assistant Prof., Biology Department, Goragn Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Golestan, Iran
3-Researcher, Department of Agronomy, Payame Noor University, PO Box 19395-3697, Tehran, Iran
4-Former Student of Agronomy, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshar, Golestan, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-10-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.3.2]