نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هفدهم، شماره ۳(۶۷)، پاییز ۱۴۰۲، صفحه ۳۷۰-۳۵۱

مقاله پژوهشی DOI:

تاثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و کود شیمیایی نیتروژن بر ویژگی‌های اگروفیزیولوژیک ذرت دانه‌ای

رضا ایمانی[۱]، مرتضی سام دلیری[۲*] و امیرعباس موسوی میرکلائی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۵

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و کود نیتروژن برشاخص‌های اگروفیزیولوزیک ذرت آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزرعه‌تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس انجام گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل خاک‌ورزی در سه سطح (بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم) در کرت اصلی و کود شیمیایی نیتروژن در چهار سطح شامل عدم مصرف کودهای شیمیایی صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده کود نیتروژن از منبع کود اوره بر اساس آزمون خاک در کرت فرعی بود. نتایج مقایسه میانگین اثر خاک‌ورزی نشان داد بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۰۲۴۷ کیلوگرم در هکتار و عملکرد بیولوژیک به میزان ۱۵۷۵۴ کیلوگرم در هکتار از تیمار خاک‌ورزی حفاظتی به‌دست آمد. مقایسه میانگین برهم‌کنش سال در خاک‌ورزی نیز نشان داد بیشترین کارایی جذب نیتروژن در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی در سال دوم به میزان ۰/۹۰کیلوگرم برکیلوگرم مشاهده شد که نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی در سال اول ۴۷ درصد افزایش نشان داد. کارایی جذب نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی در سال دوم نسبت به سال اول افزایش یافت که این افزایش در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی بیشتر بود. مقایسه میانگین تیمار کود نیتروژن نشان داد که بیشترین نیتروژن دانه در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به میزان ۱/۹۸ درصد به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۵/۷ درصد افزایش نشان داد. به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان داد با اعمال روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌توان کمترین آسیب را به ساختمان خاک وارد کرد و از این طریق می‌توان حداکثر عملکرد و کارایی در گیاه ذرت را داشت. از این رو، با توجه به عملکرد دانه مناسب‌ترین تیمار برای منطقه مورد مطالعه استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی در شرایط استفاده از ۶۶ درصد نیتروژن توصیه شده می‌باشد.

واژگان کلیدی: بهره‌وری نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن، عملکرد بیولوژیک، مصرف نیتروژن.

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

۳- استادیار گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

نگارنده مسئول dr.m.samdeliri@gmail.com

مقدمه

پس از گندم و برنج، ذرت سومین غله مهم از گیاهان زراعی در جهان است که اهمیت فوق العاده‌ای در اقتصاد کشاورزی دارد (Maleki *et al*., 2020). باوجود سطح وسیع تولید ذرت، متوسط عملکرد ذرت هنوز به پتانسیل ژنتیکی نرسیده و علاوه بر نوآوری در فن‌آوری اصلاح، برخی از روش‌های زراعی مانند تناوب زراعی، خاک‌ورزی و کوددهی نیز باید بهبود یابد (Simić *et al*., 2020). روش‌های خاک‌ورزی به‌عنوان عملیات اساسی و مهم برای دست‌یابی به عملکرد بیشتر محصولات زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین خاک‌ورزی یکی از عملیات ضروری برای تولید موفق کشت ذرت است (Simić *et al*., 2020; Mosavitalab and Habibi asl, 2014). سیستم‌های خاک‌ورزی از طریق تأثیر بر حفظ رطوبت، تعدیل دما، تهویه خاک و در دسترسی به مواد غذایی می‌توانند به‌طور قابل توجهی بر عملکرد و کیفیت غذایی ذرت تأثیر بگذارند (Simić *et al*., 2020; Mosavitalab and Habibi asl, 2014) تحت شرایط آب و هوایی متغیر و وقایع مکرر خشک‌سالی، خاک‌ورزی خاک متناسب با نوع خاک و شرایط کشاورزی و اکولوژیکی می‌تواند به حفظ آب و دست‌یابی به بازده بالاتر کمک کند (Bodner *et al*., 2015). استفاده مکرر از ماشین‌آلات و عملیات خاک‌ورزی در عمق مشخص از دلایل عمده تراکم خاک است،که در این حالت افزایش تدریجی تراکم خاک سبب کاهش جذب نیتروژن و در نهایت از کیفیت دانه ذرت می‌کاهد (Wasaya *et al*., 2018). عملیات مختلف خاک‌ورزی بر فشردگی خاک تأثیر می‌گذارد، زیرا تولید محصولات در روش بدون خاک‌ورزی برای سال‌های زیادی با محدود کردن دسترسی به مواد غذایی (به‌دلیل ایجاد لایه سخت در لایه زیرین) تأثیر می‌گذارد (Wasaya *et al*., 2018). فراهمی هرچه بیشتر عناصر غذایی در خاک از جمله مهم‌ترین سودمندی استفاده از نظام خاک‌ورزی‌همراه با حفظ و کاربرد بقایای گیاهی می‌باشد (Vukovic *et al*., 2008; Thomason *et al*., 2002). نیتروژن یکی از مواد غذایی مهم برای رشد و نمو گیاهان زراعی است که اگر به مقدار کافی مصرف نشود باعث محدود شدن رشد گیاه می‌شود (Wasaya *et al*., 2018) از طرفی گزارش شده که مصرف بالاتری از نیتروژن در خاک بر رشد و تولید محصول ذرت تاثیر منفی می‌گذارد (Valentinuz and Tollenaar 2006). کشاورزی جهان با چالش‌های زیادی برای تولید غذا از جمله رشد جمعیت و تقاضای غذا مواجهه است. افزایش تولید مواد غذایی کشاورزی در سراسر جهان طی چهار دهه گذشته با افزایش ۷ برابری استفاده از کودهای نیتروژن همراه بوده است (Rahimizadeh *et al*., 2010). بنابراین، چالش دهه‌های آینده تأمین نیازهای جمعیت در حال گسترش جهان از طریق توسعه یک کشاورزی کاملاً تولیدی و در عین حال حفظ کیفیت محیط خواهد بود (Hirel *et al*., 2007). با توجه به عوامل مختلف آب و هوایی و خاکی مانند وضعیت مواد مغذی، خصوصیات خاک و واکنش عناصر غذایی کشت شده، ذرت واکنش مثبتی به کاربرد نیتروژن نشان می‌دهد و تولید ماده خشک را افزایش می‌دهد (Wasaya *et al*. 2018). مصرف نیتروژن سبب بهبود اجزای عملکرد ذرت می‌شود، به‌طوری‌که گزارش شده است کاربرد نیتروژن منجر به افزایش تولید زیست توده (۲۲ درصد) و عملکرد دانه (۲۴ درصد) می‌شود (Amanullah *et*

al., 2009). مطالعات مختلفی در مورد پاسخ عملکرد محصول به کود نیتروژن تحت روش‌های مختلف خاک‌ورزی وجود دارد. به‌طوری‌که، در بعضی مطالعات گزارش شده است بین خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم، تفاوتی از نظر عملکرد ذرت دیده نشده است (Shirani *et al*., 2002; Singer *et al*., 2004). دربرخی پژوهش‌ها کاهش عملکرد ذرت در خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم گزارش شده است (Javeed and Zamir, 2013). با این حال بسیاری از گزارش‌ها هم از تاثیر مثبت و بهبود خصوصیات خاک و عملکرد در خاک‌ورزی حفاظتی بر روی ذرت ارایه شده است (Lamptey *et al*., 2018; Issaka *et al*., 2019). یکی از مهم‌ترین نکات در خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، حفظ رطوبت می‌باشد. به‌طوری که گزارش شده است پاسخ محصول به نیتروژن به میزان قابل توجهی به در دسترس بودن رطوبت بستگی دارد و از آنجا که خاک‌ورزی بر رطوبت خاک تأثیر می‌گذارد، انتظار می‌رود بر پاسخ محصول به نیتروژن نیز تأثیر بگذارد (Dubow, 2018). به‌همین دلیل جهت رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار با کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن و همچنین جلوگیری از تغییرات در ساختمان خاک ناشی از نوع خاک‌ورزی و همچنین نبود اطلاعات لازم در این خصوص در منطقه مورد مطالعه؛ هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر روش‌های خاک‌ورزی و کود شیمیایی نیتروژن بر این عوامل ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس انجام گرفت. محل اجرای طرح واقع در عرض جغرافیایی۴۰ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی۵۳ درجه و ۶۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۳ متر از سطح دریا قرار دارد. این منطقه جزو نواحی معتدل با تابستان مرطوب و زمستان کمی سرد می‌باشد. بر پایه نتایج آزمایش خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر، بافت خاک لومی رسی-شنی بود. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارایه شده است. آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل خاک‌ورزی در سه سطح (بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم) در کرت اصلی بود. کود شیمیایی نیتروژن در چهار سطح شامل عدم مصرف کودهای شیمیایی صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده کود نیتروژن بر اساس آزمون خاک در کرت فرعی بود (Khoshpeyk *et al*., 2016; Yousefpoor and Yadavi, 2014). خاک‌ورزی متداول با گاوآهن برگردان‌دار با عمق (۲۵-۲۰ سانتی‌متر) + دیسک (۲ بار با عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر) + ردیف‌کار غلات اجرا شد. در خاک‌ورزی حفاظتی با دستگاه خاک‌ورز مرکب به عمق ۱۰-۱۵ سانتی‌متر شخم زده شده و توسط ردیف‌کار غلات کشت انجام شد. در خاک‌ورزی متداول و خاک‌ورزی حفاظتی پس از تنظیم دستگاه ردیف کار برای ایجاد شیارهای به فاصله ۷۵ سانتی‌متر کاشت بذر به‌صورت دستی در روی پشته‌ها انجام شد. در بدون خاک‌ورزی کاشت بذر به‌وسیله میله فلزی برای ایجاد سوراخ در داخل خاک انجام شد. در زمان اجرای طرح زمین آیش بود. بنابراین برای اعمال تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی به‌ترتیب معادل ۳۳ و ۹۰ درصد وزنی از کاه و کلش برنج (کاه و کلش از

زمین‌های مجاور سال قبل جمع‌آوری شده بود) برای اعمال تیمار خاک‌ورزی استفاده و در زمین پخش شد. میزان مصرف کود نیتروژن بر اساس توصیه کودی ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن از منبع کود اوره که ۶۶ درصد آن معادل ۱۹۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۳۳ درصد معادل ۹۹ کیلوگرم کود نیتروژن بود. هر کرت شامل شش ردیف کاشت و فاصله بین ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. رقم مورد کاشت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ بود. فاصله بین کرت‌های اصلی سه متر و بین هر تکرار چهار متر در نظر گرفته شد. کودنیتروژن از منبع کود اوره طی سه مرحله (کاشت، ساقه رفتن (شش تا هشت برگی) و گلدهی) و کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به زمین داده شد. بر اساس نتایج آزمون خاک، نیازی به مصرف کود پتاس وجود نداشت.

مراحل کاشت چهار و پنجم اردیبهشت و برداشت ۱۰ و ۱۱ شهریور برای هر دو سال انجام شد. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام شد. آبیاری هر هفت تا ده روز به صورتی تنظیم شد که هیچ گونه تنش کم آبی صورت نگیرد. به‌منظور تعیین عملکرد، با حذف ردیف‌های کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه، یک‌مترمربع از قسمت میانی هر کرت (۵ بوته انتخاب شد)، کف‌بر و سپس به آزمایشگاه منتقل گردید. نیتروژن به روش کجلدال (Jackson, 1964) محاسبه شد. برای محاسبه شاخص‌های بهره وری و کارایی، میزان جذب نیتروژن با استفاده از روابط زیر به‌دست آمد (Moll *et al*., 1982; Ehdaei *et al*, 2001; Momen *et al*., 2018).

بهره‌وری نیتروژن دانه بر حسب عملکرد دانه از طریق نسبت کل عملکرد دانه (SY) (کیلوگرم در هکتار) بر مقدار کود مصرفی ورودی به علاوه مقدار موجود در خاک (کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد (Ehdaei *et al*, 2001).

$$NUP\ SY = \frac{SY}{Nf + Ns}$$

محاسبه کارایی مصرف نیتروژن برای عملکرد دانه (NUE) از تقسیم عملکرد دانه (SY) (کیلوگرم در هکتار) بر میزان نیتروژن موجود در تیمار مربوطه (Nf) (کیلوگرم در هکتار) انجام شد. میزان نیتروژن موجود در تیمار کودی، بر اساس مقدار نیتروژن موجود در کود اوره که ۴۶ درصد بود، محاسبه شد.

$$NUE\ SY = \frac{SY}{Nf}$$

محاسبه کارایی جذب نیتروژن برای دانه (NU_PE) از تقسیم نیتروژن ذخیره شده دانه (NY) (کیلوگرم در هکتار) بر میزان نیتروژن موجود در خاک به علاوه مقدار خالص عنصر از طریق کود ورودی (N) (کیلوگرم در هکتار) انجام شد. میزان نیتروژن موجود در تیمار کودی، بر اساس مقدار نیتروژن موجود در کود اوره که ۴۶ درصد بود، محاسبه شد.

$$NUpE = \frac{NY}{N}$$

اندازه‌گیری میزان کلروفیل‌های a و b در برگ‌های جوان هر تیمار از روش آرنون (Arnon, 1975) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

Chl a ($mg.g^{-1}$ FW) = [12.7 × (A663) –2.69 × (A645)] V/1000W

Chl b ($mg.g^{-1}$ FW) = ([22.9 × A645) - 4.6 × (A663)] V/1000W

تجزیه واریانس داده‌ها با نرم افزار SAS و همچنین جهت مقایسه میانگین صفات مورد نظر نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی و کود شیمیایی بر صفت عملکرد دانه در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر دو گانه خاک‌ورزی و نیتروژن و برهم‌کنش سال و خاک‌ورزی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌داری بود ولی اثر سه گانه آنها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی و کود نیتروژن نشان داد بیشترین عملکرد دانه در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و مصرف ۶۶ درصد نیتروزن به میزان ۱۰۷۷۳/۷۹ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی و عدم مصرف کود نیتروژن ۵۳/۴۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). روند تغییرات عملکرد دانه در تیمارهای خاک‌ورزی نشان داد با افزایش کود نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی، عملکرد دانه افزایش معنی‌دار داشت و در خاک‌ورزی مرسوم روند افزایشی غیرمعنی داری را نشان داد. در خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی، یک واحد افزایش کود نیتروژن به ترتیب باعث افزایش ۱۲/۸۷ و ۴۶/۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه شده است. با توجه به شیب خط میزان افزایش عملکرد دانه در تیمارهای بدون خاک‌ورزی و سپس خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم بیشتر بوده است. بیشترین عملکرد دانه در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و ۶۶ و ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به‌دست آمد (شکل ۱). براری‌تاری و همکاران (Barari et al., 2020) بیان کردند مقدار مناسبی از کود شیمیایی، عملکرد دانه گیاه ذرت را افزایش می‌دهد. هالورسون و همکاران (Halvorson et al., 2006) اظهار داشتند با مصرف کود نیتروژن در خاک‌ورزی حفاظتی، عملکرد ذرت افزایش یافت. این موضوع به خوبی نشان داد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گیاهان زراعی به کود نیتروژن پاسخ مثبت نشان می‌دهند. عناصر پرمصرف به‌ویژه نیتروژن به‌دلیل دارا بودن نقش مهم در افزایش رشد رویشی گیاه، افزایش عملکرد گیاه را باعث می‌شوند (Bahamin et al., 2019). ز سوی دیگر توان بالای ذرت در به‌کارگیری این عناصر از اهمیت خاصی برخوردار است که این مورد به‌وجود سیستم کارآمد فتوسنتزی ذرت مربوط می‌شود. لذا افزایش میزان کود از طریق افزایش تعداد دانه و وزن هزار دانه به‌طور غیرمستقیم سبب افزایش عملکرد می‌شود.

عملکرد بیولوژیک: نتایج این تحقیق نشان داد اثر اصلی تیمار کود شیمیایی نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد و برهم‌کنش سال در خاک‌ورزی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد بیولوژیک تأثیر معنی‌داری داشت ولی اثر سه گانه آنها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش سال در خاک‌ورزی نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی در سال دوم به‌میزان ۱۶۶۴۴/۱۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار بدون خاک‌ورزی در سال اول می‌باشد. عملکرد بیولوژیک در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی در سال دوم نسبت به سال اول افزایش یافت (شکل ۲). سینجر و همکاران (Singer et al., 2004) گزارش کردند که انتخاب روش مناسب خاک‌ورزی و تهیه بستر در نهایت

عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرفی محققان دریافتند که خاک‌ورزی حفاظتی در میزان عملکرد می‌تواند برابر یا حتی بهتر از خاک‌ورزی متداول باشد. این موضوع به خوبی نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیک گیاهان زراعی به کود شیمیایی پاسخ مثبت نشان می‌دهند. افزایش زیست توده تحت تأثیر خاک‌ورزی توسط هالورسون و همکاران (Halvorson *et al*., 2006) نیز گزارش شده است. مطالعات محققان نشان داد افزایش فشردگی خاک مانعی در جهت رشد و نمو گیاه بوده و از این طریق عملکرد بیولوژیک را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Kwaw-Mensah and Al-Kaisi, 2006). به‌نظر می‌رسد که افزایش فشردگی خاک و فراهم نبودن شرایط مناسب برای رشد ریشه از دلایل کاهش عملکرد در سیستم بدون خاک ورزی باشد. این فشردگی می‌تواند به کاهش طول ریشه منجر شده و در نهایت جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه کاهش پیدا می‌کند و به دنبال آن رشد یکنواختی در روش بدون خاک‌ورزی در مزرعه حاصل نگردیده که در نهایت کاهش عملکرد بیولوژیک را به دنبال داشت.

روند تغییرات عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر کود نیتروژن در شکل ۳، نشان داده شده است. با افزایش کود نیتروژن، عملکرد بیولوژیک افزایش یافت، به‌طوری‌که با افزایش یک واحد کود نیتروژن، عملکرد بیولوژیک ۲۸/۶۳ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد. بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به‌میزان ۱۶۱۷۰/۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. محققان گزارش نمودند واکنش ماده خشک ذرت به سیستم‌های خاک‌ورزی مختلف برای تمام سطوح کود معنی‌دار شد و بیشینه‌ی عملکرد دانه با ۱۸۲ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد (Kwaw-Mensah and Al-Kaisi, 2006). حفظ بقایا در سطح خاک منجر به بهبود وضعیت نگهداری رطوبت در خاک می‌شود. نیتروژن به‌دلیل اینکه نقش مهمی در افزایش رشد رویشی گیاه دارد، نهایتاً موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شود، از سوی دیگر توان بالای ذرت در بکارگیری نیتروژن بیشتر از اهمیت خاصی برخوردار است که احتمالاً به‌وجود سیستم کارآمد فتوسنتزی ذرت مربوط می‌شود. افزایش کاربرد نیتروژن به‌علت افزایش رشد سبزینه‌ای سطح برگ بیشتری را برای گیاه فراهم می‌سازد که این افزایش سطح برگ می‌تواند ماده خشک بیشتری تولید کند (Shah *et al*., 2017; Ali *et al*., 2012). رشد فرایند پیچیده‌ای است که تحت تاثیر جذب عناصر غذایی و فراهم نمودن رطوبت مورد نیاز است. با توجه به اینکه نیتروژن از عناصر پرمصرف است و خصوصاً اینکه نقش مهمی در آسیمیلاسیون و انتقال آسیمیلات‌ها به اندام‌های در حال رشد دارد. وجود این عنصر همواره با تأمین آب مورد نیاز باعث رشد و افزایش عملکرد می‌شود. همچنین، فراوانی نیتروژن خاک، سبب تحریک تولید برگ‌های جدید از ناحیه مریستم انتهایی ساقه و جوانه‌های جانبی برگ‌های مسن و سرانجام افزایش عملکرد اندام‌های هوایی می‌گردد(Dihim Fard and Nazari, 2015; Ali *et al*., 2012). نیتروژن به دلیل تاثیر مستقیم بر رشد رویشی می‌تواند موجب افزایش ماده خشک قسمت‌های مختلف گیاه ذرت گردد (Bahamin *et al*., 2019).

نیتروژن دانه: نتایج تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی و کود شیمیایی بر نیتروژن دانه در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر اصلی کود شیمیایی نیتروژن بر محتوای نیتروژن دانه معنی‌دار بود. هیچکدام از برهم‌کنش تیمارها بر

این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمار کود نیتروژن نشان داد که بیشترین نیتروژن دانه در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن به میزان ۱/۹۸ درصد و کمترین میزان در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش کود شیمیایی به جهت تامین نیازهای غذایی، سبب افزایش توان فتوسنتزی در گیاه ذرت می‌شود ازطرفی با توجه به این که ذرت دارای ریشه‌های قوی است، می‌تواند عناصر غذایی را با توان بالا از خاک جذب کند (Barari Tari *et al*., 2020). به نظر می‌رسد با اضافه کردن کود شیمیایی به خاک، میزان نیتروژن خاک افزایش یافته و به تبع آن میزان جذب این عنصر توسط گیاه افزایش و با انتقال آن به دانه، درصد نیتروژن دانه افزایش یافت. البته نتایج نشان می‌دهد افزایش میزان کود نیتروژن تا حدی سبب افزایش در جذب نیتروژن دانه ذرت می‌شود. داده‌ها نشان می‌دهد هر چند که افزایش مصرف کود سبب افزایش نیتروژن در تیمارهای نیتروژن شده است ولی بین مصرف ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد نیتروژن اختلافی مشاهده نشد.

بهره‌وری نیتروژن دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر دوگانه خاک‌ورزی و نیتروژن و برهم‌کنش سال و خاک‌ورزی در سطح احتمال پنج درصد بر بهره‌وری نیتروژن دانه معنی‌دار بود ولی اثر سه گانه آنها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش سال در خاک‌ورزی نیز نشان داد بیشترین بهره‌وری نیتروژن در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی در سال دوم به میزان ۵۳/۳۵کیلوگرم بر کیلوگرم مشاهده و کمترین آن در تیمار بدون خاک‌ورزی در سال اول می‌باشد. بهره‌وری نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی در سال دوم نسبت به سال اول افزایش یافت که این افزایش در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی بیشتر بود (شکل ۴).

با گذشت زمان خاک‌ورزی حداقل احتمالا باعث آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی از باقیمانده‌های گیاهی شده است که این عناصر آزاد شده می‌تواند جذب دانه یا اندام‌های محصول زراعی گردد (Wang *et al*., 2011) و در نتیجه بهره‌وری نیتروژن را در گیاه ذرت بهبود بخشد. به نظر می‌رسد بهبود شرایط خاک از نظر فراهمی و جذب عناصر و در نهایت توسعه هر چه بیشتر ریشه در پروفایل خاک از جمله عوامل موثر در افزایش کارایی و بهره‌وری عناصر غذایی به شمار می‌رود که تمام این موارد در خاک‌ورزی حفاظتی مشاهده شده است.

روند تغییرات بهره‌وری نیتروژن دانه تحت تاثیر کود نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی در شکل ۵ نشان داده شده است. روند تغییرات بهره-وری نیتروژن دانه در تیمارهای خاک‌ورزی نشان داد بهره‌وری نیتروژن دانه با افزایش کود نیتروژن در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی، کاهشی و در تیمار بدون خاک‌ورزی افزایش معنی‌دار داشت و در خاک‌ورزی مرسوم روند کاهشی غیرمعنی‌داری را نشان داد. در خاک‌ورزی حفاظتی یک واحد افزایش کود نیتروژن باعث کاهش ۰/۰۳۹ کیلوگرم بر کیلوگرم و در تیمار بدون خاک‌ورزی، یک واحد افزایش کود نیتروژن باعث افزایش ۰/۱۴۱ کیلوگرم بر کیلوگرم بهره‌وری نیتروژن دانه شده است. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار خاک‌ورزی و کود نیتروژن نشان داد بیشترین میزان بهره‌وری در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و عدم مصرف کود نیتروژن به میزان ۴۹/۱۵ کیلوگرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی و عدم مصرف کود ۴۷/۹

درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).بیشترین بهره وری نیتروژن دانه در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و بدون کود نیتروژن مشاهده شد. میزان کارآیی مصرف کود بیشترین ارتباط را با مصرف کود دارد و هر روشی که میزان جذب کود توسط گیاه را افزایش دهد، کارآیی مصرف آنرا افزایش خواهد داد (Mirzakhani, 2018).

دربسیاری از مطالعات گزارش شده است که کارآیی بهره‌وری نیتروژن با افزایش در مقدار نیتروژن مصرفی علیرغم افزایش در عملکرد دانه ذرت، کاهش یافت (Barari Tari *et al*., 2020; Momen *et al*., 2018). در تیمار بدون خاک‌ورزی، احتمالاً با افزایش بیشتر عرضه کود نیتروژن، درصد نیتروژنی که به صورت آبشویی از دسترس خارج می‌شود کاهش یافته و بنابراین افزایش کود نیتروژن توانسته باعث افزایش بهره وری نیتروژن موجود در دانه شود. پایین بودن بهره‌وری نیتروژن به احتمال زیاد به دلیل هدر رفت آن توسط فرآیندهای آبشویی و تصعید آمونیوم است. افزایش میزان نیتروژن مصرفی سبب کاهش کارآیی مصرف نیتروژن شده است (Jahan *et al*., 2015). به نظر می‌رسد در این مطالعه نیز هدر رفت نیتروژن با استفاده از آبشویی اتفاق افتاده است که این امر موجب کاهش کارایی مصرف نیتروژن در مقادیر بالای کود نیتروژن شده است.

کارایی جذب نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر اصلی کود شیمیایی نیتروژن و برهم‌کنش سال و خاک‌ورزی در سطح احتمال پنج درصد بر کارایی جذب نیتروژن معنی‌دار بود ولی اثر سه گانه آنها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش سال در خاک‌ورزی نیز نشان داد بیشترین کارایی جذب نیتروژن در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی در سال دوم به میزان ۰/۹۰ کیلوگرم برکیلوگرم مشاهده شد و کمترین آن در تیمار بدون خاک‌ورزی در سال اول می‌باشد. کارایی جذب نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی در سال دوم نسبت به سال اول افزایش یافت که این افزایش در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی بیشتر بود (شکل ۶). در این بررسی در تیمار خاک‌ورزی حداقل اختلاط بقایای گیاهی می‌تواند شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک را بهبود بخشیده و بنابراین جذب نیتروژن از خاک را افزایش دهد. محققان گزارش کردند که کودهای شیمیایی بخصوص کودهای نیتروژن‌دار جذب نیتروژن را در گیاه افزایش داده‌اند. بالاتر بودن میزان جذب نیتروژن در ذرت ممکن است تحت تاثیر بهبود وضعیت خاک ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و تلفات کمتر نیتروژن باشد (Bokhtiar and Sakurai, 2005). گزارش شده که در شرایط فراهمی بالای نیتروژن در خاک جذب نیتروژن عمدتا به رشد و نیاز گیاه به نیتروژن وابسته است، در حالی که در شرایط محدودیت این عناصر کارایی جذب به خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریشه گیاه بستگی دارد (Momen *et al*., 2018).

کارایی مصرف نیتروژن: با توجه نتایج تجزیه واریانس، تنها اثر اصلی کود شیمیایی نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌داری شد ولی سایر اثرات بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج نشان داد با افزایش کود نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافته است. افزایش کود نیتروژن از صفر به ۶۶ درصد شیب کاهش کارایی مصرف نیتروژن بیشتر بود و با افزایش کود نیتروژن به

۱۰۰ درصد شیب افزایش کارایی مصرف نیتروژن صفر شده است (شکل ۷). جهان و همکاران (Jahan *et al*., 2015) گزارش کردند در مقادیر بالای نیتروژن تلفات نیتروژن افزایش و کارآیی استفاده از آن کاهش می‌یابد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. بررسی‌های مختلف نشان داده است که افزایش میزان نیتروژن مصرفی سبب کاهش کارآیی مصرف نیتروژن می‌شود (Kogbe and Adediran, 2003). پایین بودن کارآیی مصرف نیتروژن به احتمال زیاد به دلیل هدر رفت آن توسط فرآیندهای آبشویی و تصعید آمونیوم است (Ghanbari *et al*., 2014). افزایش میزان نیتروژن مصرفی سبب کاهش کارآیی مصرف نیتروژن شده است (Jahan *et al*., 2015). به نظر می‌رسد در این مطالعه نیز هدر رفت نیتروژن با استفاده از آبشویی اتفاق افتاده است که این امر موجب کاهش کارایی مصرف نیتروژن در مقادیر بالای کود نیتروژن شده است.

محتوای کلروفیل a: نتایج تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی و کود شیمیایی بر محتوای کلروفیل a در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد اثر اصلی کود نیتروژن و اثر متقابل خاک‌ورزی و نیتروژن و نیز اثر متقابل سال در خاک‌ورزی در سطح احتمال پنج درصد بر محتوای کلروفیل a تأثیر معنی‌داری داشت و سایر اثرات بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال در خاک‌ورزی نیز نشان داد بیشترین محتوای کلروفیل a در تیمار خاکورزی مرسوم و حفاظتی در سال دوم به‌ترتیب به میزان ۱/۱۹ و ۱/۱۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد و کمترین آن در تیمار بدون خاک‌ورزی در سال اول به میزان ۰/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن ترمشاهده شد. محتوای کلروفیل a در هر سه تیمار خاک‌ورزی در سال دوم نسبت به سال اول افزایش یافت (شکل ۸). به نظر می‌رسد شرایط رشد در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی در سال اول آزمایش بهتر بوده که این امر باعث افزایش کارایی فتوسنتز و افزایش محتوای کلروفیل شده است. اما در سال دوم آزمایش نیز، بهبود شرایط محیطی در تیمارهای بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حفاظتی منجر به بهبود رشد و محتوای کلروفیل شده است.

روند تغییرات محتوای کلروفیل a در تیمارهای خاک‌ورزی نشان داد محتوای کلروفیل a با افزایش کود نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی افزایش معنی‌دار داشت و در خاک‌ورزی مرسوم روند افزایشی غیرمعنی‌داری را نشان داد. در خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی، یک واحد افزایش کود نیتروژن به‌ترتیب باعث افزایش ۰/۰۰۱۹ و ۰/۰۰۵۱ میلی-گرم بر گرم وزن تر کلروفیل a شده است. با توجه به شیب خط میزان افزایش کلروفیل a در تیمارهای بدون خاک‌ورزی و سپس خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم بیشتر بوده است. بیشترین محتوای کلروفیل a در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و ۶۶ درصد کود نیتروژن به-دست آمد (شکل ۹). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی و کود نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و مصرف ۶۶ کیلوگرم کود نیتروژن به میزان ۱/۲۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد که نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی و عدم مصرف کود نیتروژن ۴۶/۷۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). کلروفیل در کلروپلاست بدون حضور نیتروژن یا کمبود آن، قادر به سنتز نبوده و فعالیت‌های فتوسنتز و کلروفیل کم یا متوقف

می‌گردد، همان‌طور که مشاهده می‌شود در شرایط مصرف کم نیتروژن، میزان کلروفیل کاهش یافته است. ساکی‌نژاد (Sakinejad, 2002) در گزارشی عنوان کردند با کاهش نیتروژن در ذرت، محتوای کلروفیل a کاهش می‌یابد. مطالعه محققان بر روی گیاه ذرت نشان داد با افزایش کود نیتروژن، محتوای کلروفیل a افزایش یافت که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد (Haghjoo and Bahrani, 2014).

محتوای کلروفیل b: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده خاک‌ورزی و کود نیتروژن و نیز اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر محتوای کلروفیل b تأثیر معنی‌داری داشتند و سایر اثرات بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). روند تغییرات محتوای کلروفیل b تحت تاثیر کود نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی در شکل ۱۰، نشان داده شده است. در خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی، یک واحد افزایش کود نیتروژن به‌ترتیب باعث افزایش ۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر کلروفیل b شده است. بیشترین محتوای کلروفیل b در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن و در خاک‌ورزی مرسوم به میزان ۰/۵۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد (شکل ۱۰). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی و کود نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b در تیمار خاک‌ورزی مرسوم و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن به میزان ۰/۵۰۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد که نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی و عدم مصرف کود نیتروژن ۶۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). افزایش کود نیتروژن به جهت تامین نیازهای غذایی گیاه ذرت سبب افزایش توان فتوسنتزی در گیاه ذرت می‌شود. از طرفی از ان‌جایی که ذرت دارای ریشه‌های قوی می‌باشد، می‌تواند عناصر غذایی را از خاک جذب کند. افزایش مصرف نیتروژن سبب تولید مقدار بیشتر ماده خشک و عملکرد دانه، همچنین گسترش و حجیم شدن ریشه‌ها و جذب بیشتر رطوبت از خاک می‌شود، همچنین افزایش مصرف نیتروژن در تسریع رشد سبزینه‌ای، افزایش حجم بخش هوایی گیاه و افزایش تبخیر و تعرق گیاه نقش دارد (Shah *et al*., 2017). محققان با بررسی اثر کود نیتروژن بر محتوای کلروفیل b بیان کردند با افزایش کود نیتروژن، میزان کلروفیل b در گیاه ذرت افزایش یافت که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد (Haghjoo and Bahrani, 2014). ساکی‌نژاد (Sakinejad, 2002) در گزارشی عنوان کردند کاهش نیتروژن در گیاه، منجر به کاهش محتوای کلروفیل b می‌گردد. به نظر می‌رسد در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی در سال اول آزمایش، عوامل محیطی برای رشد گیاه بهتر بوده که این امر باعث افزایش کارایی فتوسنتز و افزایش محتوای کلروفیل شده است. اما در سال دوم آزمایش نیز، بهبود شرایط محیطی در تیمارهای بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حفاظتی منجر به بهبود رشد و محتوای کلروفیل شده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد خاک‌ورزی بر همه صفات به‌جز کارایی مصرف نیتروژن ذرت معنی‌دار نبود. در اکثر صفات اندازه‌گیری شده بین تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به عدم تفاوت عملکرد بین دو تیمار خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی می‌توان گفت استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی به‌دلیل مزایای آن نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در منطقه مورد مطالعه مناسب می‌باشد.

روند تغییرات کاربرد کود نیتروژن نشان داد با افزایش کود نیتروژن اکثر صفات اندازه‌گیری شده (بجز کارایی مصرف نیتروژن) افزایش و کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت. همچنین، نتایج برهم‌کنش خاک‌ورزی و نیتروژن نشان داد عملکرد دانه با افزایش کود نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی افزایش معنی دار و در خاک‌ورزی مرسوم افزایش غیرمعنی‌داری را نشان داد. به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان داد با اعمال روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌توان کمترین آسیب را به ساختمان خاک وارد کرد و از این طریق می‌توان حداکثر عملکرد و کارایی در گیاه ذرت را داشت. همچنین، در خاک‌ورزی مرسوم افزایش کود نیتروژن تا ۱۰۰ درصد باعث هدر رفت نیتروژن و کاهش بهره‌وری نیتروژن می‌گردد اما در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی بهره‌وری نیتروژن بهبود پیدا کرده است از این رو، با توجه عملکرد دانه مناسب‌ترین تیمار برای منطقه مورد مطالعه استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی در شرایط استفاده از ۶۶ درصد کود نیتروژن توصیه شده می‌باشد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil experiment

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب Available K (ppm)	فسفر قابل‌جذب Available P (ppm)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic carbon (%)
7.1	1.34	314	11	0.08	0.90

جدول۲- تجزیه واریانس مرکب خاک‌ورزی و کود نیتروژن بر صفات ذرت

Table 2- Analysis of variance combined of tillage and nitrogen fertilizer on maize traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	نیتروژن دانه Seed nitrogen	بهره وری نیتروژن Nitrogen use productivity	کارایی جذب نیتروژن Nitrogen use uptake efficiency	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chlb
سال Year	1	97389356.12**	18682845.09*	0.002ns	2168.12**	0.68*	11.80 ns	0.672**	0.192**
تکرار R(Y)(سال)	4	803603.3678	1719833.91	0.095	20.03	0.04	203.75	0.011	0.001
خاک‌ورزی Tillage	2	47336028.00ns	32450269.29 ns	0.314ns	1075.49 ns	0.25 ns	401.71 ns	0.841ns	0.137**
سال× خاک‌ورزی tillage*Y	2	7294767.238*	15718803.16**	0.043ns	165.89*	0.09*	91.96 ns	0.112*	0.001ns
خطاa Error	8	1434117.537	717108.26	0.057	28.58	0.01	102.36	0.019	0.005
نیتروژن Nitrogen	3	17508121.25ns	28173846.67*	1.013**	20.59 ns	0.24*	1734.67**	0.847*	0.116**
سال × نیتروژن Y*N	3	3866566.1 ns	1599220.12 ns	0.003ns	127.51 ns	0.03 ns	9.11 ns	0.043ns	0.008ns
خاک‌ورزی× نیتروژن T*N	6	5723898.047*	2520070.68 ns	0.063ns	151.08*	0.06 ns	112.74 ns	0.098*	0.094**
سال×خاک‌ورزی ×نیتروژن Y*T*N	6	1243062.003ns	1082281.22 ns	0.028ns	30.50 ns	0.0143 ns	34.68 ns	0.021ns	0.008ns
خطا کل Error	36	2271529.509	971234.78	0.077	47.57	0.02	137.54	0.021ns	0.007ns
ضریب تغییرات (٪) C.V.		16.86	17.53	15.24	16.92	17.62	20.48	13.6	22.49

*، ** وns به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

*, ** and ns indicate significant differences in the probability levels of 5, 1% and no significant difference, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی خاک‌ورزی و نیتروژن بر برخی صفات ذرت

Table 3 - Mean comparison of the main effects of tillage and nitrogen on some maize traits

تیمار Treatment		عملکرد دانه Seed yield (kg. ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg. ha^{-1})	نیتروژن دانه Seed nitrogen (%)
سال Year	اول first	7773.2b	14429b	1.82a
	دوم second	10099a	15448a	1.83a
خاک‌ورزی Tillage	بدون خاک‌ورزی No-tillage	7453.7 a	13607 a	1.83a
	خاک‌ورزی حفاظتی Conservative tillage	10247a	15754a	1.7 a
	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	9108.2a	15455a	1.93a
کود نیتروژن Nitrogen	شاهد control	7674c	13348c	1.47b
	33درصد	8709.8bc	14579b	1.93a
	66درصد	9392.7ab	15658a	1.91a
	100درصد	9968.3a	16171a	1.98a

در هر ستون و تیمار، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند

In each column and treatment, the means with the same letters were not significantly different based on the Duncan's Multiple Range test

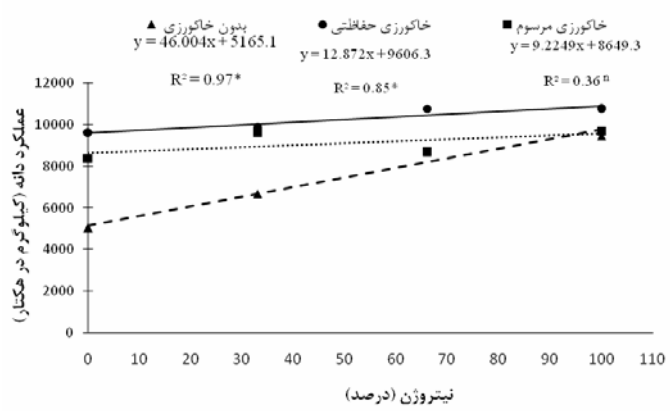
جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل خاک‌ورزی و نیتروژن بر برخی صفات ذرت

Table 4- MeanComparison of Interactionseffects of tillage and nitrogen on some maize traits

خاک‌ورزی Tillage	کود نیتروژن Nitrogen	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	بهره وری نیتروژن Nitrogen use productivity ($kg.kg^{-1}$)	کلروفیل a Chl a ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل b Chl b ($mg.g^{-1}FW$)
بدون خاک‌ورزی No-tillage	شاهدcontrol	5014.74d	25.59d	0.653b	0.1732e
	33درصد	6664.34cd	31.54cd	0.833b	0.1763e
	66درصد	8680.57b	38.29bc	1.068a	0.3785bcd
	100درصد	9455.33ab	39.07bc	1.141 a	0.4409abcd
خاک‌ورزی حفاظتی Conservative tillage	شاهدcontrol	9632.80ab	49.15a	1.047 a	0.3319d
	33درصد	9830.20ab	46.52ab	1.080 a	0.4785ab
	66درصد	10773.79a	47.52ab	1.226a	0.3725bcd
	100درصد	10750.01a	44.42ab	1.210 a	0.4489abc
خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	شاهدcontrol	8374.52bc	42.73ab	1.032 a	0.3475cd
	33درصد	9634.85ab	45.60ab	1.178 a	0.3802bcd
	66درصد	8723.83b	38.48bc	1.073 a	0.5007a
	100درصد	9699.57ab	40.08abc	1.186 a	0.5098a

در هر ستون و تیمار، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند

In each column and treatment, the means with the same letters were not significantly different based on the Duncan's Multiple Range test

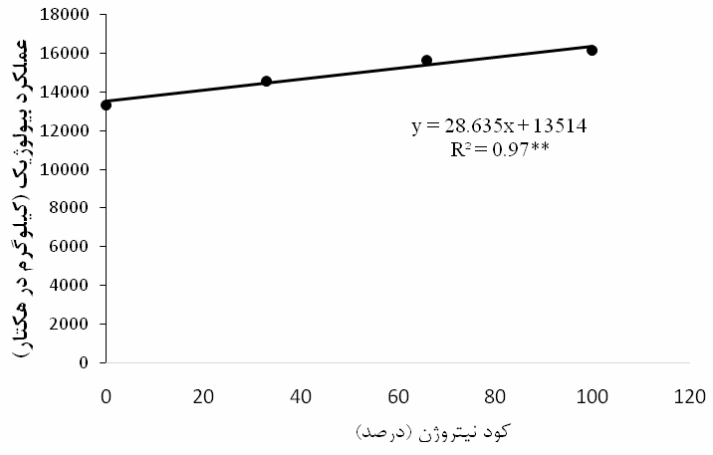


شکل ۱- روند تغییرات کود نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی بر عملکرد دانه ذرت

Figure 1- Trends of nitrogen fertilizer changes in tillage treatments on corn grain yield

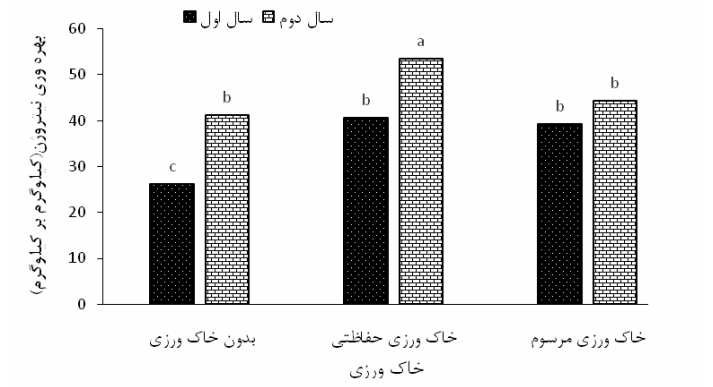
شکل ۲- برهم‌کنش خاک‌ورزی و سال برعملکرد بیولوژیک ذرت

Figure 2- Interaction of tillage and year on biological yield of maize



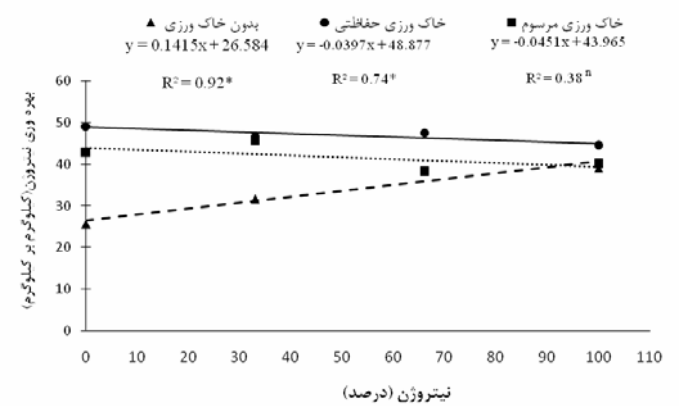
شکل۳- اثر کود نیترژن بر عملکرد بیولوژِیک ذرت

Figure 3 - Effect of nitrogen fertilizer on biological yield of maize



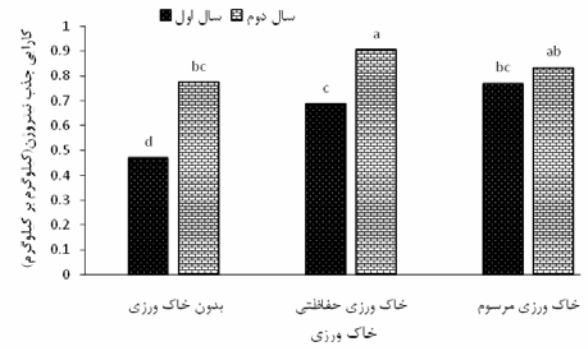
شکل ۴- برهم‌کنش روش‌های خاک‌ورزی و سال بر بهره‌وری نیتروژن ذرت

Figure 4- The interaction of tillage and nitrogen efficiency in corn



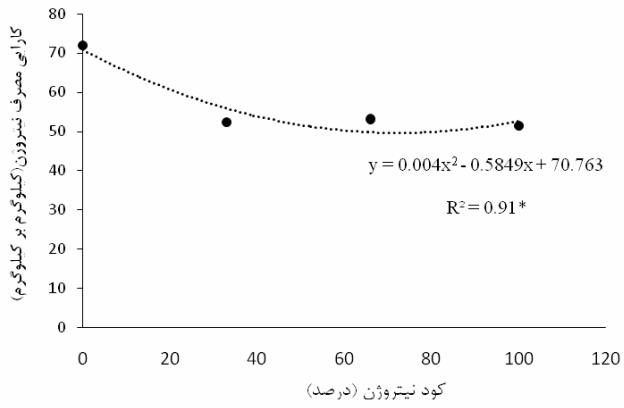
شکل۵- روند تغییرات کودنیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی بر بهره‌وری نیتروژن ذرت

Figure 5 - The trend of nitrogen fertilizer changes in tillage treatments on Nitrogen efficiency



شکل ۶- برهم‌کنش روش‌های خاک‌ورزی و سال بر کارایی جذب نیتروژن دانه ذرت

Figure 6- Interaction of tillage and year methods on nitrogen uptake efficiency of corn grain

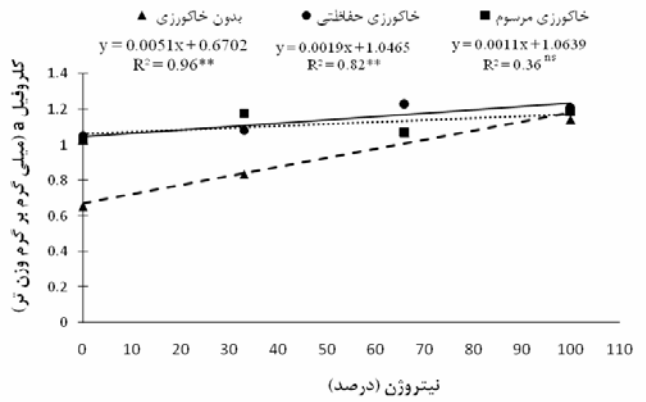


شکل۷-روندتغییرات کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن ذرت

Figure 7- Trend of nitrogen fertilizer changes on corn nitrogen consumption efficiency

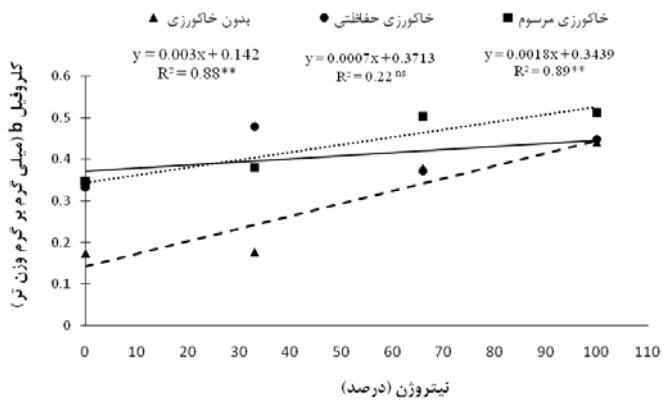
شکل ۸- اثر روش‌های خاک‌ورزی و سال بر کلروفیل a

Figure 8- Effect of tillage and year methods on chlorophyll a



شکل ۹- روند تغییرات کود نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی بر کلروفیلa

Figure 9- Trend of nitrogen fertilizer changes in tillage treatments on chlorophyll a



شکل۱۰- روند تغییرات کود نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی بر کلروفیلb

Figure 10- Changes in nitrogen fertilizer changes in tillage treatments on chlorophyll b

References منابع مورد استفاده

- Ali, K., F. Munsif, I. Uddin, A. Khan, and N. Khan. 2012. Maize penology as affected by tillage practices and nitrogen sources. *Agricultural Science Research Journal.* 2(8): 453-458.
- Amanullah, M.K., K.B. Marwat, P. Shah, N. Maula, and S. Arifullah. 2009. Nitrogen levels and its time of application influence leaf area, height and biomass of maize planted at low and high density. *Pakistan Journal of Botany*. 41(2): 761-768.
- Arnon, D.I. 1975. Physiological principles of dry land crop production. In, Physiological aspects of dry land farming. Gupta U.S. (Eds.), Oxford Press, 145 p.
- Bahamin, S., A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati, and S. Beheshti. 2019. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative productivity of maize under drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences.* 12(1): 123-139. (In Persian).
- Barari Tari, D., A. Fathi, H. Fallah, and Y. Nicknejad. 2020. Effect of tillage systems and fertilization (NPK) on quantitative and qualitative traits of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Ecophysiology.* 12(40): 102-115. (In Persian).
- Bodner, G., A. Nakhforoosh, and H.P. Kaul. 2015. Management of crop water under drought: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 35(2): 401-442.
- Bokhtiar, S.M., and K. Sakurai. 2005. Integrated use of organic manure and chemical fertilizer on growth, yield, and quality of sugarcane in High Ganges River Floodplain soils of Bangladesh. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 36(13-14): 1823-1837.
- Dihim Fard, R., and S. Nazari. 2015. Effect of nitrogen application on quantitative and qualitative of sugar beet cultivars. *Journal of Plant Production Research*. 22(2): 71-93. (In Persian).
- Dubow, A.Z. 2018. Combined effects of tillage mulching and nitrogen fertilizer application on maize yiled and soil propertis in tharaka-nithi county, Kenya. Doctoral dissertation, Kenyatta University. pp 191.
- Ehdaie, B., M.R. Shakiba, and J.G. Waines. 2001. Sowing date and nitrogen input influence nitrogen-use efficiency in spring bread and durum wheat genotypes. *Journal of Plant Nutrition.* 24(6): 899-919.
- Ghanbari, A., B. Fakheri, E. Amiri, and A. Tavassoli. 2014. Evaluation nitrogen and radiation use efficiency of wheat (*Triticum aestivum*) under irrigation levels. *Journal of Crop Ecophysiology*. 8(29): 41-56. (In Persin).
- Haghjoo, M., and A. Bahrani. 2014. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on grain yield, yield components and dry matter remobilization of maize cv. SC260. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 16(4): 278-292. (In Persin).
- Halvorson, A.D., A.R. Mosier, C.A. Reule, and W.C. Bausch. 2006. Nitrogen and tillage effects on irrigated continuous corn yields. *Agronomy Journal.* 98(1): 63-71.
- Hirel, B., J. Le Gouis, B. Ney, and A. Gallais. 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany.* 58(9): 2369-2387.

- Issaka, F., Z. Zhang, Z.Q. Zhao, E. Asenso, J.H. Li, Y.T. Li, and J.J. Wang. 2019. Sustainable conservation tillage improves soil nutrients and reduces nitrogen and phosphorous losses in maize farmland in Southern China. *Sustainability*. 11(8): 2397.
- Jackson, MC. 1964. Soil chemical analysis. Constable and Co. Ltd. London. pp: 183-192.
- Jahan, M., M. Nassiri Mahallati, H. Khalilzadeh, R. Bigonah, and A. Razavi. 2015. Optimizing of nitrogen, phosphorus and cattle manure fertilizers application in winter wheat production using response-surface methodology (RSM). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 13(4): 823-839. (In Persian).
- Javeed, H.M.R., and M.S.I. Zamir. 2013. Influence of tillage practices and poultry manure on grain physical properties and yield attributes of spring maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal **of** Agricultural Sciences.* 50(1): 177-183.
- Khoshpeyk, S., R. Sadrabadi Haghighi, and A. Ahmadian. 2016. The effect of application of nitrogen fertilizer and nano-organic manure on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 14(4): 775-787. (In Persian).
- Kogbe, J.O.S., and J.A. Adediran. 2003. Influenced of nitrogen, phosphorus and potassium application on the yield of maize in savanna zone of Nigeria. *African Journal of Biological Sciences*. 2: 345-349.
- Kwaw-Mensah, D., and M. Al-Kaisi. 2006. Tillage and nitrogen source and rate effects on corn response in corn–soybean rotation. *Agronomy Journal*. 98(3): 507-513.
- Lamptey, S., L. Li, and S. Yeboah. 2018. Reduced tillage practices without crop retention improved soil aggregate stability and maize (*Zea mays* L.) yield. *Ghana Journal of Horticulture* (JHORT). 13(1): 50-69.
- Maleki, A., A. Fathi, and S. Bahamin. 2020. The effect of gibberellin hormone on yield, growth indices, and biochemical traits of corn (*Zea Mays* L.) under drought stress. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*. 15(59): 1-16. (In Persian).
- Mirzakhani, M. 2018. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) agronomic characteristics to time, rate and methods of nitrogen applications. *Journal of Crop Ecophysiology*. 11(44): 875-888. (In Persin).
- Moll, R.H., E.J. Kamprath, and W.A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency ofnitrogen utilization. *Agronomy Journal*. 74: 562-564.
- Momen, A., A. Koocheki, and M. Nassiri Mahallati. 2018. Nutrients efficiency index of maize in response to interactions of water use and nitrogen and phosphorus fertilizers. *Applied Field Crops Research*. 31(1): 52-77. (In Persian).
- Mosavitalab, S., and J. Habibi Asl. 2014. Study methods of tillage in volume of water and yield for wheat production method in Khuzestan. *Applied Field Crops Research.* 27(103): 55-60. (In Persin).
- Rahimizadeh, M., A. Kashani, A. Zare-Feizabadi, A.R. Koocheki, and M. Nassiri-Mahallati. 2010. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop,

application rate of nitrogen and crop residues. *Australian Journal of Crop Science.* 4(5): 363.

- Sakinejad, T. 2002. Water stress effect on the uptake process of nitrogen, phosphorus, potassium and sodium in different periods of growth, according to morphological and physiological characteristics of corn in Ahvaz climate. Doctoral dissertation, Ph.D. Thesis Crop Physiology. Islamic Azad University, Science and Research, Ahwaz.
- Shah, A.N., J. Iqbal, M. Tanveer, G. Yang, W. Hassan, S. Fahad, and Y. Wu. 2017. Nitrogen fertilization and conservation tillage: a review on growth, yield, and greenhouse gas emissions in cotton. *Environmental Science and Pollution Research*. 24(3): 2261-2272.
- Shirani, H., M.A. Hajabbasi, M. Afyuni, and A. Hemmat. 2002. Effects of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. *Soil and Tillage Research.* 68(2): 101-108.
- Simić, M., V. Dragičević, S. Mladenović Drinić, J. Vukadinović, B. Kresović, M. Tabaković, and M. Brankov. 2020. The contribution of soil tillage and nitrogen rate to the quality of maize grain. *Agronomy*. 10(7): 976.
- Singer, J.W., K.A. Kohler, M. Liebman, T.L. Richard, C.A. Cambardella, and D.D. Buhler. 2004. Tillage and compost affect yield of corn, soybean, and wheat and soil fertility. *Agronomy Journal*. 96(2): 531-537.
- Thomason, W.E., W.R. Raun, and G.V. Johnson. 2002. Production system techniques to increasenitrogen use efficiency in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition*. 25: 2261-2283.
- Valentinuz, O.R., and M. Tollenaar. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density, and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. *Agronomy Journal*. 98(1): 94-99.
- Vukovic, I., M. Mesic, Z. Zgorelec, A. Jurisic, and K. Sajko. 2008. Nitrogen use efficiency inwinter wheat. *Cereal Research Communications*. 36: 1199-1202.
- Wang, X., K. Dai, D. Zhang, X. Zhang, Y. Wang, Q. Zhao, D. Cai, W.B. Hoogmoed, and O. Oenema. 2011. Dryland maize yields and water use efficiency in response to tillage/crop stubble and nutrient management practices in China. *Field Crops Research.* 120: 47-57.
- Wasaya, A., M. Tahir, T.A. Yasir, M. Akram, O. Farooq, and N. Sarwar. 2018. Soil physical properties, nitrogen uptake and grain quality of maize (*Zea mays* L.) as affected by tillage systems and nitrogen application. *Italian Journal of Agronomy*. 13(4): 324-331.
- Yousefpoor, Z., and A. Yadavi. 2014. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative yield of sunflower. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 24(1): 95-112. (In Persin).

Research Article DOI:

Effect of Tillage Systems and Nitrogen Fertilizer on Agro Physiological Characteristics of Corn

Reza Imani[1], Morteza Sam Daliri[2*] and Amir Abbas Mousavi Mirkolaei[3]

Received: March 2021 , Revised: 16 February 2022, Accepted: 24 April 2022

Abstract

To investigate the effect of tillage systems and nitrogen fertilizer on corn characteristics, in 2016 and 2017, a research field was conducted in the research farm of Islamic Azad University Chalous Branch during two cropping years.The experiment was performed as a split-plot in a randomized complete block design with three replications. Experimental factors include tillage at three levels (no-tillage, conservation tillage and conventional tillage) in the main plot and nitrogen fertilizer sources at four levels, including non-application of zero, 33, 66,and 100% of the recommended amount of nitrogen fertilizer based on the test. The soil was on a subplot.Comparing the average effect of tillage showed that the highest grain yield was obtained in conservation tillage treatment at the rate of 10247 kg/ha^{-1}. Comparison of tillage's average effect showed that the highest biological product was received in conservation tillage at the rate of 15754 kg/ha^{-1}. Comparison of the average interaction of the year in tillage also showed that the highest NU_PE was observed in the conservation tillage treatment in the second year at the rate of 0.90 kg.kg^{-1}, which showed an increase of 47% compared to the treatment no tillage in the first year. NU_PE in tillage treatments increased in the second year compared to the first year, which was higher in conservation and non-tillage tillage treatments. Comparison of the average treatment of nitrogen fertilizer showed that the highest grain nitrogen was obtained in the treatment of 100% nitrogen fertilizer at the rate of 1.98%, which showed an increase of 25.7% compared to the control treatment.In general, the results of this study showed that by applying conservation tillage methods, the least damage can be done to the soil structure, and through this, maximum yield and efficiency can be achieved in the corn plant. Therefore, according to grain yield, the most appropriate treatment for the study area is the use of conservation tillage in the case of fertilizer application of 66% nitrogen.

Key words: Biological yield, Nitrogen consumption, Nitrogen uptake efficiency, Nitrogen use productivity.

1- Ph.D. Student, Department of Agronomy, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.
2- Associate Professor, Department of Agriculture, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Agriculture, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.
**Corresponding Authors: dr.m.samdeliri@gmail.com*