دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهلم، ۱۳۹۹

تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی و کود شیمیایی (NPK) بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت

امین فتحی[۱]، داود براری تاری[۲]، هرمز فلاح[۳]، یوسف نیک نژاد[۳]

دریافت: ۹۷/۲/۱ پذیرش: ۹۷/٤/۱۹

چکیده

به‌منظور بررسی خاک‌ورزی و همچنین مدیریت کود شیمیایی در بهبود عملکرد کمی و کیفی ذرت، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار طی سال‌های زراعی ۱۳۹٤-۱۳۹۵ و ۱۳۹۵-۱۳۹٦ در منطقه دره شهر از توابع استان ایلام انجام پذیرفت. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح خاک‌ورزی (بدون خاک‌ورزی شامل کاشت مستقیم بذر، خاک‌ورزی حفاظتی شامل استفاده از خاک ورز مرکب به همراه فاروئر و خاک‌ورزی مرسوم شامل گاوآهن برگردان دار+ دو بار دیسک+ ماله و فاروئر) و کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) در سه سطح عدم مصرف کودهای شیمیایی $(NPK)_0$ و ۵۰ درصد میزان توصیه‌شده $(NPK)_{50}$ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شده $(NPK)_{100}$ بود. نتایج مقایسات میانگین نشان داد بیشترین بهره‌وری نیتروژن به ازای عملکرد دانه در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و بدون مصرف کود شیمیایی به میزان ۳۰/۱۵ کیلوگرم بر کیلوگرم حاصل گردیده است که بیشتر از تیمار بدون خاک‌ورزی و مصرف $(NPK)_{100}$ به میزان ۱۷/٦ کیلوگرم بر کیلوگرم بوده است. همچنین در صفت عملکرد دانه بیشترین عملکرد در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی به همراه مصرف $(NPK)_{100}$ به میزان ۸٤۰۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، اما کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار بدون خاک‌ورزی و عدم مصرف کود شیمیایی $(NPK)_0$ به میزان ۵۲۳۹ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید. می‌توان نتیجه گرفت خاک‌ورزی حفاظتی سبب بهبود جذب عناصر پرمصرف شده که این موضوع باعث افزایش بهره‌وری این عناصر شده است. خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به سیستم بدون خاک‌ورزی اثرات مثبتی برافزایش عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری عناصر غذایی داشته است که این افزایش در مقادیر به‌دست‌آمده حتی از به‌کارگیری خاک‌ورزی متداول نیز در بعضی صفات بیشتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری عناصر، خاک‌ورزی، ذرت، عملکرد دانه، کود شیمیایی

فتحی، ا.، د. براری تاری، ه. فلاح و ی. نیک نژاد. ۱۳۹۹. تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی و کود شیمیایی (NPK) بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۰: ۱۱۵-۱۰۲.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۲- استادیار گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران- مسئول مکاتبات. davoodbarari@yahoo.com

۳- استادیار گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

مقدمه

ذرت گیاهی است بانام علمی *Zea mays* L. که به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و ماده خشک، داشتن ارزش غذایی متنوع در خصوص تأمین کربوهیدرات و روغن خوراکی در اقتصاد کشاورزی کشورهای مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (سینگ و همکاران، ۲۰۱۷). تحقق این عملکرد با مصرف زیادی از نهاده‌های خارجی امکان‌پذیر است درحالی‌که شواهد نشان‌دهنده آن است که استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، باعث کاهش حاصلخیزی خاک، سفت شدن زمین‌های زراعی و افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی شده است. بنابراین، اجتناب از فشارهای منفی به محیط‌زیست، و بهبود بخشیدن برنامه‌های توسعه‌ای که نیازهای کودی گیاهان را تأمین می‌کند شرط لازم در حفظ سلامت خاک می‌باشد (کوکالیس بورلی و همکاران، ۲۰۰٦). روش‌های کشاورزی متداول در جهان امروز موفقیت قابل قبولی را در استفاده از مدیریت منابع باعث نگردیده زیرا با اتکا بیش‌ازحد به نهاده‌های مصنوعی و تزریق انرژی کمکی مانند کودها و سموم شیمیایی باعث ایجاد اکوسیستم‌های زراعی ناپایدار شده است (کوکوسیو و آلیونت، ۲۰۱۷؛ روبرتز، ۲۰۱۷). دستیابی به مقادیر و نوع کود مصرفی که قدرت جذب عناصر بیشتری از خاک و انتقال آن به دانه را داشته باشد، در جهت بهینه‌سازی مصرف کود و بهبود کیفیت محصول از اهمیت خاصی برخوردار است (انجم و همکاران،۲۰۰۷). هدف از انجام خاک‌ورزی ایجاد محیطی مناسب برای بهبود جوانه‌زنی بذر، توسعه سیستم ریشه‌ای، کنترل علف‌های هرز، افزایش تخلخل و نفوذپذیری، بهبود ساختمان و تثبیت خاک به‌منظور تماس کامل بذر با خاک و کاهش مقاومت فیزیکی، دفن بقایای گیاهی، اختلاط کود و سم با خاک و بر هم زدن لوله‌های موئین در خاک برای کاهش تبخیر به‌ویژه در شرایط محیطی نیمه‌خشک می‌باشد (التیتی، ۲۰۱۰). خاک‌ورزی باعث تغییرات زیادی در شرایط محیطی زیرخاک و تجزیه بقایای گیاهی می‌شود (موتیگی و همکاران، ۲۰۱۰). در نظام بدون خاک‌ورزی تغییرات دمایی در عمق با خاک‌ورزی متداول متفاوت است (مونز–رومرو و همکاران، ۲۰۱۵) و اغلب از فشردگی سطحی بیشتر برخوردار می‌باشد (لاپن و همکاران، ۲۰۰٤) که منجر به زهکشی و تهویه ضعیف‌تر در آن می‌گردد. این امر باعث می‌شود که گازها با سرعت آهسته‌تری از خاک خارج گردد (بال و همکاران، ۱۹۹۹). از طرفی، در نظام بدون شخم، سهم بیشتری از بقایای گیاه زراعی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول در سطح خاک باقی می‌ماند. ازآنجایی‌که این بقایا با خاک مخلوط نشده و کمتر در معرض ریز جانداران قرار می‌گیرند، از سرعت تجزیه پایین‌تری نیز برخوردار می‌باشند (موتیگی و همکاران، ۲۰۱۰).

محققان افزایش عملکرد دانه ذرت را با افزایش میزان کود‌های شیمیایی NPK را به‌واسطه دسترسی بیشتر گیاه به عناصر غذایی گزارش کرده‌اند، همچنین مشخص‌شده که معدنی شدن مواد آلی خاک به‌تنهایی نمی‌تواند نیازهای غذایی گیاه را به‌طور کامل برطرف سازد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۰). پژوهشگران دیگر نیز افزایش خصوصیات کمی و کیفی ذرت را تحت تأثیر کودهای شیمیایی NPK گزارش کرده‌اند (اکبری و همکاران، ۱۳۸٤; کوگوبه و ادریان، ۲۰۰۳). برخی محققان نیز گزارش کردند که اثر سطوح مختلف تیمار مصرف کود شیمیایی‌بر کارایی مصرف کود در گیاه ذرت معنی‌دار بوده و با افزایش مقدار کود مصرفی از صفرتا ۱۲۰ درصد مقدار توصیه‌شده در ترکیب کودی NPK مقدار کارایی مصرف کود کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که تیمار مصرف ۸۰ درصد کود توصیه‌شده با میانگین ۲۱ کیلوگرم بر کیلوگرم و تیمار مصرف ۱۲۰ درصد توصیه‌شده با میانگین ۱۱ کیلوگرم بر کیلوگرم، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار کارایی مصرف کود را داشتند (کریمی و همکاران، ۱۳۸٦). عملیات خاک‌ورزی حفاظتی که مبتنی بر اجرای شخم کاهش‌یافته یا حداقل همراه با حفظ بقایای گیاهی و اجرای تناوب زراعی می‌باشد، نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک و عملکرد گیاه دارد (قومان و سور، ۲۰۰۱; کوسیو و الیونته، ۲۰۱۷). خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند سبب بهبود میزان ماده آلی خاک و همچنین افزایش فراهمی عناصر غذایی در خاک شود (لیو و همکاران، ۲۰۰٦؛ سینگ و هایل، ۲۰۰۷). با توجه به اهمیت دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیز دستیابی به کارایی بیشتر استفاده از منابع از طریق مدیریت بهینه نهاده‌ها، بررسی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و کود شیمیایی‌بر این عوامل ضروری می‌باشد. لذا این آزمایش به‌منظور برآورد تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و کودهای شیمیایی NPK بر عملکرد کمی و کیفی و بهره‌وری عناصر در ذرت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت محل اجرای آزمایش

این آزمایش طی سال‌های زراعی ۹۵–۱۳۹٤ و ۹٦–۱۳۹۵ در مزرعه‌ای در فاصله ۵ کیلومتری ضلع شرقی شهرستان دره شهر (عرض جغرافیایی ٤۷ درجه و ٤۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۳۳ درجه و ۱۰ دقیقه و ارتفاع ٦۳٦ متر از سطح دریا) انجام پذیرفت. شهرستان دره شهر در ۱۳۵ کیلومتری جنوب شرقی

استان ایلام و در ۱٦۰ کیلومتری جنوب غربی استان لرستان واقع می‌باشد. به‌منظور تعیین خصوصیات خاک قبل از اجرای آزمایش نمونه‌گیری از عمق صفرتا ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد که نتایج تجزیه نمونه‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ و خصوصیات آب و هوایی محل انجام آزمایش نیز در جدول ۲ نشان داده‌شده است.

طرح آماری و تیمارهای آزمایشی

آزمایش به‌صورت طرح اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل خاک‌ورزی در سه سطح (بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم) به‌عنوان کرت اصلی و منابع کود شیمیایی NPK در سه سطح شامل عدم مصرف کودهای شیمیایی $(NPK)_0$، ۵۰ درصد میزان توصیه‌شده $(NPK)_{50}$ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شده $(NPK)_{100}$ بر اساس آزمون خاک در کرت فرعی بوده است. در این آزمایش و بر مبنای نتایج حاصل از آزمون خاک، تیمار ۱۰۰٪ نیاز کود شیمیایی نیتروژن دارای ٤۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار معادل ۱۸٤ کیلوگرم نیتروژن خالص، تیمار ۱۰۰٪ نیاز کود شیمیایی فسفر به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل معادل ۳۸ کیلوگرم فسفر خالص؛ و تیمار ۱۰۰٪ نیاز کود شیمیایی پتاسیم دارای ۱٦۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاس معادل ٦۷ کیلوگرم پتاسیم خالص بوده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

پتاسیم قابل‌جذب ppm	فسفر قابل‌جذب ppm	نیتروژن کل (%)	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته	بافت خاک	عمق (cm)
۹۰	۱۰	۰/۰۷	۰/۸۸	۱/۰۱	۷/۳	لومی- رسی	۰-۳۰

جدول۲- مقادیر ماهانه داده‌های هواشناسی در منطقه مورد آزمایش طی فصل کاشت در سال ۱۳۹۵-۱۳۹٦

تبخیر (mm)		رطوبت نسبی (%)		بیشترین درجه حرارت (°c)		کمترین درجه حرارت (°c)		بارندگی (mm)		ماه
۱۳۹٦	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۵	
٤۲۳/۵	۳۳٦/۲	۱٤	۲۰	٤۵/۱	٤۲/٦	۱٤/۷	۱٦/۸	۰	۰	خردادماه
٤٤۵/٦	۳۹۷/۳	۱۱	۱۳	٤۸/۹	٤۷/٤	۲۱/٦	۲۳/۲	۰	۰	تیرماه
٤۵٤/۲	٤۸۷/۳	۱۰	۱۲	۳٦/٦	٤۷/۵	۲۳/۹	۲۲/٤	۰	۰	مردادماه
۳۸۰/۵	۳۷۷/۷	۱۲	۱۵	۳۳/۵	٤۵/۹	۱۸/۷	۱۷/٤	۰	۰	شهریورماه
۲۳۹	۲۳۷	۲۱	۱۸	٤۱/۳	۳۹/۲	۱۰/۷	۱۳/۳	۰	۰	مهرماه
۱۳۸	۱٤۳/٤	۱٤	۳۱	۳۸	۳۲/٦	۹	٦	۰/٤	۰/٦	آبان ماه

زمین محل آزمایش تحت کشت گندم بوده که پس از برداشت گندم عملیات خاک‌ورزی انجام شد. در خاک‌ورزی متداول ابتدا به‌وسیله گاوآهن برگردان دار شخم عمیق زده و سپس دو دیسک عمود برهم با عمق ۱۰ الی ۱۵ سانتیمتر برای نرم کردن کلوخ‌ها انجام پذیرفت و در انتها با استفاده دستگاه تسطیح کننده زمین تسطیح گردید و کاشت بذر توسط ردیف‌کار انجام شد (دفعات ورود به زمین پنج بار). در خاک‌ورزی حفاظتی، دستگاه شخم حفاظتی شامل یک دستگاه خاک ورز مرکب بود که جهت آماده‌سازی خاک وارد زمین شد و سپس ردیف‌کار جهت کاشت بذر وارد زمین گردید (دفعات ورود به زمین دو بار). در سیستم بدون خاک‌ورزی کاشت مستقیم بذر با استفاده از دستگاهNo-Tillage انجام پذیرفت (دفعات ورود به زمین یک‌بار).

فواصل بین کرت‌ها در هر بلوک سه متر و فواصل بین بلوک‌ها شش متر ، ابعاد کرت اصلی ۱۵×۵ متر و کرت فرعی ۵×۵ متر که شامل شش ردیف کاشت و فاصله بین ردیف‌های

۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته‌شده است. میزان بذر مصرفی ۲۵ کیلوگرم در هکتار و عملیات کاشت در نیمه اول تیرماه و بلافاصله بعد از کشت اولین آبیاری انجام پذیرفت. در مراحل اولیه رشد و گلدهی آبیاری به‌صورت پنج روز یک‌بار و پس‌ازآن بنا بر عرف منطقه هر هفت روز یک‌بار صورت گرفت. کود نیتروژن طی سه مرحله (کاشت، ساقه رفتن و گلدهی) و کودهای فسفر و پتاس هنگام کاشت به زمین داده شد.

مشخصات رقم

بذر مورداستفاده، ذرت هیبرید AS 71 (تهیه‌شده از مرکز تحقیقات کشاورزی استان ایلام) بود که مناسب کشت دوم مناطق گرمسیری و کشت اول مناطق معتدله می‌باشد. تولید ساقه-های یکنواخت و ریشه بسیار قوی و ثبات نسبی در تولید و همچنین مقاومت بالا به عمده بیماری‌های رایج کشور و نیاز آبی کمتر در مقایسه با گروه دیررس از خصوصیات زراعی این هیبرید می‌باشد. دوره رسیدگی دانه آن ۱۱۵– ۱۲۵روز می‌باشد.

صفات مورداندازه‌گیری

برداشت در انتهای فصل رشد، پس از مشاهده علائم رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها (تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه‌ها) همه کرت‌ها به‌طور هم‌زمان به‌صورت دستی برداشت شدند. به‌منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، با حذف ردیف‌های کناری و ۵۰ سانتیمتر از ابتدا وانت‌های هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه، یک مترمربع از قسمت میانی هر کرت، کف برشده و سپس به آزمایشگاه منتقل گردید و عملکرد دانه (رطوبت ۱۴ درصد) و عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. درصد نیتروژن دانه با استفاده از روش کجلدال محاسبه شد (جکسون، ۱۹٦٤). برای محاسبه میزان بهره‌وری از روابط زیر استفاده گردید (مول و همکاران، ۱۹۸۲):

(الف)

بهره‌وری هر یک از عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر) به ازای عملکرد= (عملکرد دانه/کود ورودی+مقدار موجود در خاک)

(ب)

بهره‌وری هر یک از عناصر غذایی(نیتروژن، فسفر) به ازای ماده خشک= (ماده خشک/کود ورودی+مقدار موجود در خاک).

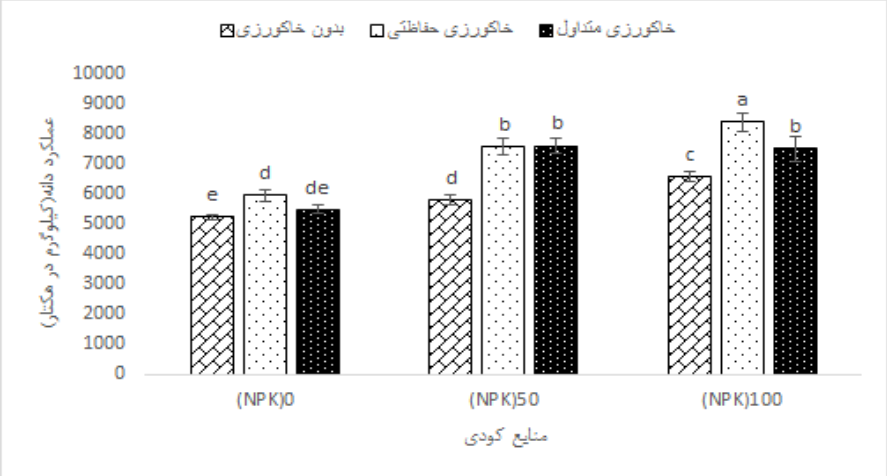
تجزیه داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS 9.3 و مقایسه میانگین صفات موردبررسی با به‌کارگیری آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

بررسی یافته‌های این پژوهش نشان داد که اثر تیمار اصلی خاک‌ورزی و منابع کودی و اثر متقابل بین آن‌ها بر عملکرد دانه دارای تأثیر معنی‌دار داشته است درحالی‌که سال و اثر متقابل سه‌گانه (سال، خاک‌ورزی و منابع کودی) تأثیر معنی‌دار بر این صفت نداشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان‌دهنده آن است که بیشترین عملکرد دانه در تیمار خاک-ورزی حفاظتی به همراه مصرف $(NPK)_{100}$ به میزان ۸٤۰۱ کیلوگرم در هکتار حاصل گردیده است که این مقدار بیشتر از حالت بدون خاک‌ورزی و عدم مصرف کود شیمیایی $(NPK)_0$ به میزان ۵۲۳۹ کیلوگرم در هکتار بوده است (شکل ۱). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان داشت که در خاک‌ورزی حفاظتی در سال اول عناصر غذایی آسان‌تر در اختیار گیاه قرار می‌گیرد لذا میزان باروری و تبدیل گلچه‌ها به دانه بالاتر خواهد بود اما در سیستم بدون خاک‌ورزی در منطقه موردمطالعه رطوبت نسبی هوا پایین می‌باشد لذا پوسیدگی کاه و کلش بر سطح خاک به‌کندی صورت پذیرفته و عناصر غذایی در سال اول نمی‌تواند به‌طور مطلوب در اختیار گیاه قرار گیرد بنابراین گیاه در مرحله گرده‌افشانی با کمبود مواد غذایی مواجه شده و باروری کاهش می‌یابد. در این مطالعه با مصرف سطوح بالاتری از کودهای شیمیایی (NPK) جذب و انتقال این عناصر به بخش‌های مختلف گیاه افزایش‌یافته و در هنگام تکمیل فرآیندهای رشد زایشی مانند مرحله پر شدن دانه‌ها، با انتقال مجدد مواد غذایی عملکرد دانه نیز افزایش‌یافته است. عناصر پرمصرف(نیتروژن، فسفر، پتاسیم) به دلیل دارا بودن نقش مهم در افزایش رشد رویشی گیاه، افزایش عملکرد گیاه را باعث می‌شوند. از سوی دیگر توان بالای ذرت در به‌کارگیری این عناصر از اهمیت خاصی برخوردار است که این مورد به وجود 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.



شکل ۱-اثر متقابل تیمار خاک‌ورزی و کود شیمیایی‌بر عملکرد دانه ذرت

جدول ٤-مقایسه میانگین اثرات متقابل خاک‌ورزی و منابع کود شیمیایی در ذرت

خاک‌ورزی	منابع کود شیمیایی	نیتروژن دانه (%)	بهره‌وری نیتروژن به ازای عملکرد دانه ($kg.kg^{-1}$)	بهره‌وری نیتروژن به ازای ماده خشک ($kg.kg^{-1}$)	بهره‌وری فسفر به ازای عملکرد ($kg.kg^{-1}$)	بهره‌وری فسفر به ازای ماده خشک ($kg.kg^{-1}$)
بدون خاک-ورزی	$(NPK)_0$	۱/۲۱ d	۲٦/٥ b	٦۰/۷ b	۸۱/۱ bc	۱۸٥/۹ b
	$(NPK)_{50}$	۱/۳۲ bc	۲۰/۳ d	٤۷/۷ d	۷۰/۳ de	۱٦٤/٦ c
	$(NPK)_{100}$	۱/۳٤ ab	۱۷/٦ e	۳۳/۹ f	٦٥/٤ e	۱۲٥/٦ d
خاک‌ورزی حفاظتی	$(NPK)_0$	۱/۳ bc	۳۰/۱٥ a	٦۸/۸ a	۹۲/۲ a	۲۱۰/٦ a
	$(NPK)_{50}$	۱/۲۱ d	۲٦/٦ b	٦۱/٦ b	۹۱/۹ a	۲۱۲/٤ a
	$(NPK)_{100}$	۱/۳۹ a	۲۲/٥ c	٤٥/۹ de	۸۳/٤ b	۱٦۹/۹ c
خاک‌ورزی متداول	$(NPK)_0$	۱/۲٦ cd	۲۷/۸ b	٦۰/۷ b	۸٥/۲ b	۱۸٥/۸ b
	$(NPK)_{50}$	۱/۳ bc	۲٦/۷ b	٥٥/۱ c	۹۲/۱ a	۱۹۰/۳ b
	$(NPK)_{100}$	۱/۳۸ a	۲۰/۱۸ d	٤۳/۳ e	۷٤/٦ cd	۱٦۰/۳ c

در هر ستون و در هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

جدول۳- تجزیه مرکب خاک‌ورزی و منابع کودی بر روی صفات کمی و کیفی ذرت

	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	نیتروژن دانه	بهره‌وری نیتروژن به ازای عملکرد	بهره‌وری نیتروژن به ازای ماده خشک	بهره‌وری فسفر به ازای عملکرد	بهره‌وری فسفر به ازای ماده خشک
سال	۱	۳۸۷۲۷۸۲/٦ ns	۲۲۸۷۰۰۳۸/۷ *	۷/٦۲ ns	۰/۰۰۰٤٥ ns	٤٥/٤٦ ns	۳٦۰/٤٦ ns	٥۳٤/٥٦ ns	٤۰۰۹/٤۹ *
تکرار (سال)	٦	۷۰۹۲۰۳/۳ ns	٦۹۲۱٥۹٤/۹ ns	۷۲/۷۲ ns	۰/۰۱٤٥۸ ns	٥/۸۹ ns	۹۹/۲٤ ns	۷۷/۷۹ ns	۱۱۳٤/٤۷ ns
خاک‌ورزی	۲	۱۳۰۸۸۳۲۲/۸**	٦۰۱۸٦٤۱۱/۸**	۱٥/٤۱ ns	۰/۰۰٤٤۸ ns	۱٥۲/۷۳ ns	۷٦٦/۹۳**	۱۸۰٥/۹۸**	۹۰۹٦/۸٤**
خاک‌ورزی×سال	۲	٦٤۸۹۹۳/٥ ns	۲٤۹٥٥٤٥/۲ ns	۲٥/۱ ns	۰/۰۰٤٤۹ ns	۸/۲۹ns	۳٥ ns	۹۳/۷۷ ns	۳۹۹/۷۳ ns
خطای خاک‌ورزی	۱۲	٥٦٦٥٦٦/۹	۱٦۱۳۰۲۳/٤	۱٥/۲۱	۰/۰۰٥٦۹	۷/۸۹	۲۸/۰٦	۸۷/۳٥	۲۹۸/٤۳
منابع کودی	۲	۲٤۲٦۸۰۳۷/٤**	٦۲۱۳۰۳٥۹**	۱۹۰/٥۱**	۰/۰۸۷۹۳ ns	۳۸۸/۳۸**	۳۰٥٦/۳٦**	۹۷۸/۹۷**	۱۲۷٤۰/۱۸**
منابع کودی ×سال	۲	۲۱۱٥۰۸ ns	۳۰٦۸٤۹/۱ ns	۱۸/۲۹ ns	۰/۰۱۲٦۱ ns	۰/۳۱ ns	۱٤/۷۹ ns	۸/۷۹ ns	۱۱۲/۳۸ ns
منابع کودی ×خاک‌ورزی	٤	۱٥۸٥۳۸۸/۹**	٦۷٤۲۱۰٦/٦**	۸۱/۱٦**	۰/۰۲۰۳٦*	۱۳/۹٥*	٥٥/۱٥*	۱۷۹/۰۷**	۷۲۸/۰۱**
منابع کودی× خاک‌ورزی ×سال	٤	۱٤۱۷۹۷/۳ns	۲۳۹۲۰۳/٤ ns	٤/٥۸ ns	۰/۰۰۲۷۹ ns	۱/٤۸ ns	۲/٤۲ ns	۱٦/٤٥ ns	۲٦/۰۱ ns
خطا	۳٦	۳۱٦٥۳۸/٤	۸٦٤٥۸۰	۲۰/٦٦	۰/۰۰۳۰۹	۳/٥٤	۱٥/۱۳	٤۱/۳٤	۱٥۷/٦۷
ضریب تغییرات (٪)	-	۸/٤	٦/۷	۹/۲	٤/۲	۷/۷	۷/۳	۷/۸	۷

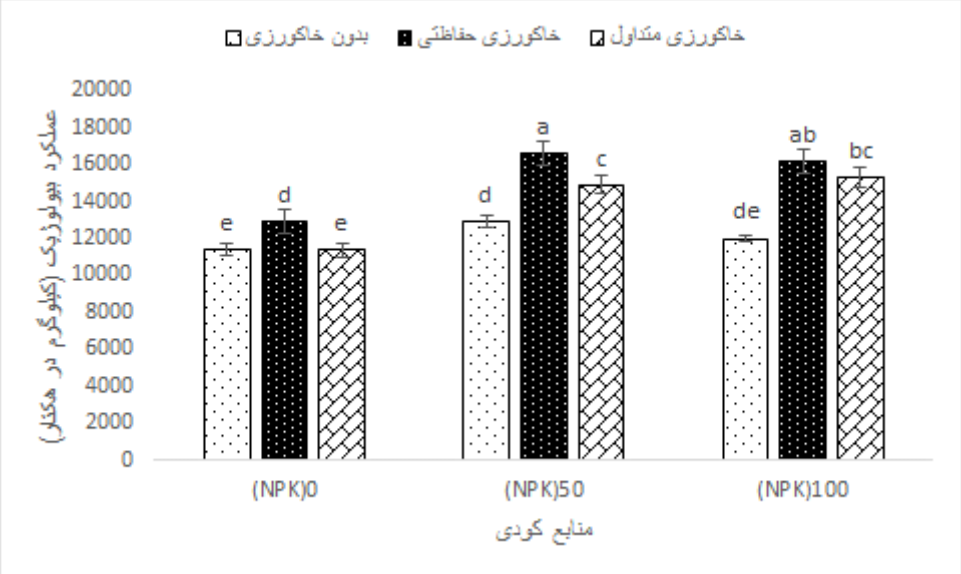
ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

جدول ۵-مقایسه میانگین اثرات اصلی سال و خاک‌ورزی و منابع کود شیمیایی در ذرت

		عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)	نیتروژن دانه (%)	بهره‌وری نیتروژن به ازای عملکرد ($kg.kg^{-1}$)	بهره‌وری نیتروژن به ازای ماده خشک ($kg.kg^{-1}$)	بهره‌وری فسفر به ازای عملکرد ($kg.kg^{-1}$)	بهره‌وری فسفر به ازای ماده خشک ($kg.kg^{-1}$)
سال	اول	٦٤٦١/٤b	١٣١٦٧/١a	٤٩/٢٥a	١/٣١a	٢٣/٥١a	٥٠/٩a	٧٩/١a	١٧١a
	دوم	٦٩٢٥/٣a	١٤٢٩٤/٣a	٤٨/٦a	١/٣٠٥a	٢٥/١a	٥٥/٤a	٨٤/٦a	١٨٥/٩a
خاک‌ورزی	بدون خاک‌ورزی	٥٨٧٩/٥c	١٢٠٨٧/٦b	٤٨/٨ab	١/٢٩٤b	٢١/٥٣b	٤٧/٥c	٧٢/٣c	١٥٨/٨c
	خاک‌ورزی حفاظتی	٧٣٢٠/٧a	١٥٢٤٧/١a	٤٨/١٩b	١/٣٠٧ab	٢٦/٤٦a	٥٨/٨a	٨٩/٢a	١٩٧/٧a
	خاک‌ورزی متداول	٦٨٧٩/٨b	١٣٨٥٧/٤b	٤٩/٧٨a	١/٣٢١a	٢٤/٩٢ab	٥٣/١b	٨٤b	١٧٨/٨b
منابع کود شیمیایی	(NPK)0	٥٥٦٧/٥c	١١٨٨١/٦b	٤٧/١٦b	١/٢٦٤b	٢٨/١٨a	٦٣/٥a	٨٦/٢a	١٩٤/١a
	(NPK)50	٧٠١٠/١b	١٤٨١١/٥a	٤٧/٤٤b	١/٢٨٢ab	٢٤/٦b	٥٤/٩b	٨٤/٨ab	١٨٩/٢b
	(NPK)100	٧٥٠٢/٤a	١٤٤٩٩a	٥٢/١٧a	١/٣٧٧a	٢٠/١٥c	٤١/١c	٧٤/٥b	١٥٢c

در هر ستون و در هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

سینگر و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند که انتخاب روش مناسب خاک‌ورزی و تهیه بستر درنهایت عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرفی اسچلینگر و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که در خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول می‌تواند عملکردی برابر یا حتی بهتر از آن حاصل شود. بل ونیز و فرای (۱۹۹۳) بیان نمودند در اکثر خاک‌ها عملکرد در عدم خاک‌ورزی مساوی یا کمتر از خاک‌ورزی مرسوم یا کم خاک‌ورزی است. همچنین در تحقیقی بیان‌شده است به علت آنکه خاک‌ورزی حفاظتی موجب افزایش ماده آلی در سطح خاک شده عملکرد محصول بهبودیافته است (موریلو و همکاران، ۱۹۹۸). علل کاهش عملکرد دانه در شیوه بدون خاک‌ورزی را می‌توان پوشش کم بذر با خاک به علت تجمع بقایای گیاهی در سطح و مقاومت بیشتر خاک در سال اول مقابل رشد مرتبط دانست. همچنین کاهش عملکرد در سیستم بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی متداول ناشی از افزایش فشردگی خاک و فراهم نبودن شرایط مناسب برای رشد ریشه بوده است. این فشردگی به کاهش تراکم طول ریشه منجر شده و درنهایت جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه کاهش پیدا می‌کند که نتایج مشابهی در این مورد توسط برخی از محققین گزارش‌شده است (پوتی و همکاران، ۲۰۱۰؛ ؛ خطاک و خان، ۲۰۰۵؛ اندرسوزاک، ۲۰۱۷). رشد فرایند پیچیده‌ای است که تحت تأثیر جذب عناصر غذایی و فراهم نمودن رطوبت موردنیاز است. با توجه به اینکه پتاسیم همانند نیتروژن و فسفر 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 موردنیاز باعث رشد و افزایش عملکرد می‌شود. ویلهلم و همکاران (۱۹۸۹) اعلام داشتند که کاهش رشد ریشه در عدم خاک‌ورزی باعث کاهش جذب عناصر غذایی برای گیاه می‌شود و این تعداد دانه در بلال را کاهش می‌دهد و درنهایت عملکرد کاهش می‌یابد. امان ا... و خان (۲۰۱۰) بیان نمودند مقدار مناسب کود شیمیایی، عملکرد دانه گیاه را افزایش می‌دهد.



شکل ۲-اثر متقابل خاک‌ورزی و کود شیمیایی‌بر عملکرد بیولوژیک ذرت

عملکرد بیولوژیک

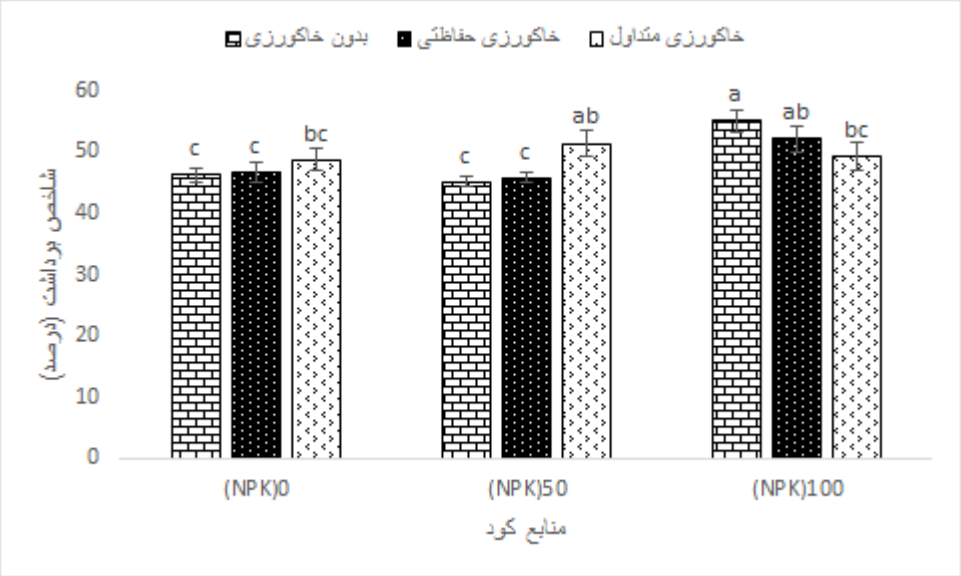
نتایج این تحقیق نشان‌دهنده‌ی تأثیر معنی‌دار سال، خاک‌ورزی، منابع کودی و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک بود اما اثر متقابل دوگانه و سه‌گانه آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار خاک-ورزی حفاظتی و مصرف $(NPK)_{50}$ به میزان ۱٦٦۳٦ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که این مقدار بیشتر از همین سطح خاک-ورزی و حالت‌های عدم مصرف کود و مصرف $(NPK)_{100}$ به ترتیب به میزان ۱۲۸۹۳و ۱٦۲۱۱کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در تمامی سطوح مصرف کود شیمیایی همواره بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی حاصل شد (شکل ۲). به نظر می‌رسد علل کاهش عملکرد بیولوژیک در شیوه بدون خاک‌ورزی را می‌توان پوشش کم بذر با خاک به علت تجمع بقایای گیاهی در سطح و مقاومت بیشتر خاک در سال اول مقابل

رشد دانست. هالورسون و همکاران (۲۰۰٦) در یک آزمایش بررسی نظام‌های خاک‌ورزی در طولانی‌مدت اظهار داشتند با مصرف کود اوره در خاک‌ورزی حفاظتی، عملکرد ذرت افزایش یافت از طرفی گزارش‌شده پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز داشته و افزایش کود پتاسیم موجب افزایش شاخص سطح برگ و به دنبال آن عملکرد ماده خشک گردید (حیدری و همکاران، ۲۰۱۰). این موضوع به‌خوبی نشان داده‌شده است که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گیاهان زراعی به کود فسفر پاسخ مثبت نشان می‌دهند از طرفی در دسترس بودن فسفر خاک در طول مراحل گیاهچه ای ذرت، نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد و عملکرد ذرت دارد(سالواگیتی و همکاران،۲۰۱۷؛ هیوا و همکاران، ۲۰۱٦).

شاخص برداشت

یافته‌های این پژوهش نشان‌دهنده‌ی تأثیر معنی‌دار منابع کودی بر شاخص برداشت بود ولی اثر سال و اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر اصلی منابع کود شیمیایی NPK نشان داد بیشترین شاخص برداشت در تیمار $(NPK)_{100}$ به میزان ٥٤/٤ درصد به دست آمد که این مقدار بیشتر از حالت بدون مصرف کود شیمیایی $(NPK)_0$ به میزان ٤٧/٤ درصد به دست آمد که اختلاف بین این دو معنی‌دار بود (جدول ٤).

شاخص برداشت یکی از شاخص‌های مهم در تعیین رشد رویشی و عملکرد گیاه زراعی است. این شاخص بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌باشد، بطوریکه هر چه این نسبت بالاتر باشد، نشان‌دهنده کارایی بیشتر اندام تولیدکننده در حصول عملکرد بالاست. این شاخص از تقسیم مقدار عملکرد اقتصادی (که همان عملکرد دانه یا قسمتی از گیاه که دارای ارزش اقتصادی است) بر عملکرد بیولوژیکی (به‌طورمعمول وزن کلیه قسمت‌های هوایی گیاه) به دست می‌آید(اقبال و همکاران،۲۰۱۵). نتایج این یافته با نتایج راک شیت و همکاران (۲۰۱۵) که بیان داشتند کود NPK باعث افزایش شاخص برداشت در سیستم تناوبی ذرت-گندم شده است، مطابقت دارد. بررسی سیکورا و همکاران (۲۰۱۵) بر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت سورگوم و ذرت نشان داد که کود شیمیایی NPK دارای نقش مؤثری بر عملکرد بیولوژیک محصول و تولید دانه داشته، به همین دلیل کود شیمیایی NPK منجر به افزایش شاخص برداشت‌شده است.



شکل ۳-اثر متقابل خاک‌ورزی و کود شیمیایی‌بر شاخص برداشت ذرت

نیتروژن دانه

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده‌ی تأثیر معنی‌دار اثر متقابل خاک‌ورزی و منابع کود شیمیایی‌بر نیتروژن دانه بود ولی اثر اصلی سال و منابع کودی و خاک‌ورزی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی نشان داد بیشترین نیتروژن دانه در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و مصرف $(NPK)_{100}$ به میزان ۱/۳۹ درصد به دست آمد که این مقدار بیشتر از حالت بدون خاک‌ورزی و عدم مصرف کود شیمیایی به

میزان ۱/۲۱ درصد به دست آمد (جدول ٤). به نظر می‌رسد با اضافه کردن کود شیمیایی به خاک، میزان نیتروژن خاک افزایش‌یافته و به‌تبع آن میزان جذب این عنصر توسط گیاه افزایش و با انتقال آن به دانه، درصد نیتروژن دانه افزایش یافت. احتمالاً با افزایش بیشتر عرضه کود نیتروژن، درصد نیتروژنی که به‌صورت آبشویی از دسترس خارج می‌شود کاهش‌یافته و بنابراین افزایش کود نیتروژن توانسته باعث افزایش نیتروژن موجود دردانه شود. در این بررسی در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی بقایای محصول قبل در سطح خاک حفظ‌شده بودند که این اختلاط بقایای گیاهی می‌تواند شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک را بهبود بخشیده و بنابراین جذب نیتروژن از خاک را افزایش دهد (نیبورگ و همکاران، ۱۹۹۵). به‌طورکلی افزایش پایداری خاکدانه‌ها، افزایش نفوذپذیری، بهبود محتوای رطوبتی خاک، فراهمی مواد آلی و عناصر غذایی ازجمله مزایای خاک‌ورزی حفاظتی است (هوبس و همکاران، ۲۰۰۸؛ تیرفلدر و وال، ۲۰۱۰؛ فاروق وهمکاران، ۲۰۱۱). ازاین‌رو تلفیقی از مجموعه فواید ذکرشده می‌تواند از طریق فراهمی بیشتر نیتروژن و تحریک بیشتر رشد گیاه، سبب افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه شود. بر این اساس بالاتر بودن میزان جذب نیتروژن در ذرت ممکن است تحت تأثیر بهبود وضعیت خاک ناشی از خاک‌ورزی و تلفات کمتر نیتروژن باشد. بوختیار و ساکورای (۲۰۰۵) گزارش کردند که ترکیب کودهای شیمیایی جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در نیشکر افزایش داد.

بهره‌وری نیتروژن به ازای عملکرد دانه

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده‌ی تأثیر معنی‌دار اثر اصلی منابع کود شیمیایی و اثر متقابل خاک‌ورزی و کود شیمیایی‌بر بهره‌وری نیتروژن به ازای عملکرد دانه بود ولی اثرات اصلی سال و اثر متقابل سه‌گانه آن معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی و کود شیمیایی نشان داد بیشترین بهره‌وری نیتروژن به ازای عملکرد دانه در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و بدون مصرف کود شیمیایی به میزان ۳۰/۱۵ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد که این مقدار بیشتر از حالت بدون خاک‌ورزی و مصرف $(NPK)_{100}$ به میزان ۱۷/٦ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد (جدول ٤). به نظر می‌رسد در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل آن‌که بخشی از بقایای گیاهی سال قبل در کرت‌های مربوطه حفظ‌شده بودند لذا باگذشت زمان خاک‌ورزی حفاظتی احتمالاً باعث آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی از باقیمانده‌های گیاهی شده است که این عناصر آزادشده می‌تواند جذب دانه یا اندام‌های محصول زراعی گردد. بنابراین افزایش بهره‌وری نیتروژن بدین طریق قابل توجیه است. محققان در مطالعه خود نشان دادند، با افزایش نیتروژن از ۱۰۵ به ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار، مقدار بهره‌وری از ۵۱/۸ کیلوگرم عملکرد دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی به ۲۵/۹ کاهش یافت (وانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

بهره‌وری نیتروژن به ازای ماده خشک

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده‌ی تأثیر معنی‌دار اثر اصلی خاک-ورزی و منابع کود شیمیایی و اثر متقابل این تیمارها بر بهره‌وری نیتروژن به ازای ماده خشک بود اما اثرات متقابل سه‌گانه آن معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد بیشترین بهره‌وری نیتروژن به ازای ماده خشک در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و مصرف $(NPK)_0$ به میزان ٦۸/٤ به دست آمد که این مقدار بیشتر از همین سطح خاک‌ورزی و حالت‌های مصرف $(NPK)_{50}$ و $(NPK)_{100}$ به ترتیب به میزان ٦۱/٦ و ٤٥/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد. در تمامی سطوح مصرف کود شیمیایی همواره بیشترین بهره‌وری نیتروژن به ازای ماده خشک در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی حاصل شد. کمترین مقدار نیز در تیمار بدون خاک‌ورزی به میزان ۳۳/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد به عبارتی بدون خاک‌ورزی منجر به کمترین کارایی مصرف نیتروژن ماده خشک شد (جدول ٤).

یوریبلارئا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کرد در مقادیر بالای نیتروژن تلفات نیتروژن افزایش و کارایی استفاده از آن کاهش می‌یابد. پایین بودن کارایی مصرف نیتروژن به‌احتمال‌زیاد به دلیل هدر رفت آن توسط فرآیندهای نیترات‌زدایی، آبشویی و تصعید آمونیوم است. بررسی‌های مختلف نشان داده است که افزایش میزان نیتروژن مصرفی سبب کاهش کارایی مصرف نیتروژن می-شود (کوگوبه و اددریان، ۲۰۰۳). با افزایش کود نیتروژن، بیشترین تغییرات سالیانه بهره‌وری مشاهده شد و نوع خاک‌ورزی نقش کمتری در این زمینه داشت هرچند اثر آن بر بهره‌وری نیتروژن معنادار بود. در بررسی حاضر با توجه به آنکه در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی بقایا در سطح خاک حفظ‌شده بودند که پدیده مدیریت استفاده از کود را در کوتاه‌مدت دشوار می‌سازد (وتچ و راندال، ۲۰۰۰). اما در درازمدت به دلیل آزادسازی تدریجی نیتروژن می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری و کارایی گردد (فریمن و همکاران، ۲۰۰۷).

بهره‌وری فسفر به ازای عملکرد دانه

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده‌ی تأثیر معنی‌دار خاک‌ورزی و کود شیمیایی و اثر متقابل آن بر بهره‌وری فسفر به ازای عملکرد دانه بود ولی اثر سال و اثر متقابل سایر تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی نشان داد بیشترین بهره‌وری فسفر به ازای عملکرد دانه در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و بدون مصرف کود شیمیایی به میزان ۹۲/۲ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد و کمترین میزان بهره‌وری فسفر به ازای عملکرد دانه در سیستم بدون خاک‌ورزی به همراه مصرف $(NPK)_{100}$ به میزان ٦٥/٤ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد (جدول ٤). افزایش هر چه بیشتر مواد غذایی و نیز بهبود عملکرد گیاه در واحد سطح می‌تواند با اثر بر کارایی جذب این مواد، افزایش بهره‌وری عناصر غذایی را امکان‌پذیر کند که مجموعه این عوامل می‌تواند منجر به افزایش عملکرد یا ماده خشک به ازای ماده غذایی مصرف‌شده گردد. محققان گزارش کردند که با افزایش کاربرد فسفر کارایی و بهره‌وری آن کاهش می‌یابد (بایلو–جیمنز و اوچوا–کاداوید، ٢٠١٤).

بهره‌وری فسفر به ازای ماده خشک

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده‌ی تأثیر معنی‌دار اثر اصلی سال، خاک‌ورزی ، منابع کود شیمیایی و اثر متقابل خاک‌ورزی و کود شیمیاییبر بهره‌وری فسفر به ازای ماده خشک بود ولی اثر متقابل سه‌گانه آن بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد بیشترین بهره‌وری فسفر به ازای ماده خشک در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و مصرف $(NPK)_{50}$ به میزان ۳۵۰/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد که این مقدار بیشتر از همین سطح خاک‌ورزی و حالت‌های مصرف $(NPK)_0$ و $(NPK)_{100}$ به ترتیب به میزان ۲۱۰/٦ و ١٦٩/٩ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد. در تمامی سطوح مصرف کود شیمیایی همواره بیشترین بهره‌وری فسفر به ازای ماده خشک در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی حاصل شد. کمترین مقدار نیز در تیمار بدون خاک‌ورزی و مصرف $(NPK)_{100}$ به میزان ١٢٥/٦ کیلوگرم بر کیلوگرم دست آمد به عبارتی در سیستم بدون خاک‌ورزی و ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شده کود منجر به کمترین کارایی مصرف فسفر ماده خشک شد (جدول٤).

به‌احتمال‌زیاد میزان تلفات فسفر در سطوح بالای کود فسفر به علت عدم جذب فسفر در ذرت و بالاخره عدم استفاده مؤثر از آن افزایش می‌یابد که این خود موجب کاهش بهره‌وری فسفر می‌شود. فراهمی هرچه بیشتر عناصر غذایی در خاک ازجمله مهم‌ترین سودمندی استفاده از نظام خاک‌ورزی همراه با حفظ و کاربرد بقایای گیاهی می‌باشد. بهبود شرایط خاک ازنظر فراهمی و جذب عناصر و درنهایت توسعه هرچه بیشتر ریشه در پروفایل خاک ازجمله عوامل مؤثر در افزایش کارایی و بهره‌وری عناصر غذایی به شمار می‌رود که تمام این موارد با خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند به دست آید (ووکویک وهمکاران، ۲۰۰۸؛ تامسون و همکاران، ۲۰۰۲).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این بررسی مشخص شد که اجرای خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به سیستم بدون خاک‌ورزی اثرات سودمندتری برافزایش عملکرد و اجزای عملکرد و بهره‌وری عناصر غذایی داشت که در بعضی موارد این افزایش حتی از خاک‌ورزی متداول نیز بیشتر بود. بنابراین می‌توان اظهار کرد که اجرای خاک‌ورزی حفاظتی قادر است به بهبود جذب عناصر پرمصرف منجر شده که این امر باعث افزایش بهره‌وری این عناصر می‌شود. می‌توان چنین استنباط کرد که در مناطق خشک و نیمه‌خشک کاربرد بقایای گیاهی حفاظتی موجب افزایش هرچه بیشتر عملکرد از طریق بهبود بهره‌وری عناصر غذایی می‌شود.

منابع

اکبری، غ.، د. مظاهری و ع. م. بیدگلی. ١٣٨٤. بررسی اثرات تراکم کاشت و مقادیر مختلف کودهای نیتروژن و پتاس بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ١٢، شماره ٥: ٥٤–٤٦.

کریمی، ا.، م. معزاردلان.، م. همایی.، ع. لیاقت و ف. رئیسی. ١٣٨٦. کارایی مصرف کود در آفتابگردان با سیستم کود– آبیاری. نشریه علوم آب و خاک. جلد ١١، شماره ٤: ٧٥–٦٥.

کریمی، ه.، د. مظاهری.، س. ع. پیغمبری و م. م. اردکانی. ١٣٩٠. اثر مصرف کودهای آلی و معدنی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس ٧٠٤ . مجله علوم زراعی ایران. جلد ١٣، شماره ٤: ٦٢٦–٦١١.

Amanullah, M and W. Khan. 2010. Interactive Effects of Potassium and Phosphorus on Phenology and Grain Yield of Sunflower in Northwest Pakistan. Soil Science Society of China. 20(5): 674-680.

Anjum, M. A., M. R. Sajjad, N. Akhtar, M. A. Qureshi, A. Iqbal, A. R. Jami and M. Hasan. 2007. Response of cotton to plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation under different levels of nitrogen. Agricultural Research, 45: 135-143.

Ball, B. C., A. Scott and J. P. Parker. 1999. Field N2O, CO2 and CH4 fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. Soil and Tillage Res, 53: 29-39.

Bayuelo, J. J. S and C. I. Ochoa. 2014. Phosphorus acquisition and internal utilization efficiency among maize landraces from the central Mexican highlands. Field Crops Research, 156, 123-134.

Blevins, R. L and W.W. Frye. 1993. Conservation tillage: an ecological approach to soil management. Adv. Agron. 51. pp. 33-37.

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.

Cociu, A. I and E. Alionte. 2017. Effect of different tillage systems on grain yield and its quality of winter wheat, maize and soybean under different weather conditions. Romanian Agricultural Research, 34: 59-67.

El Titi, A. 2010. Soil Tillage in Agroecosystems. Taylor and Francis, Nature 384 pp.

Farooq, M., K. C. Flower, K. Jabran, A. Wahid and K. H. M. Siddique. 2011. Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture. Soil and Tillage Research. 117: 172-183.

Freeman, K.W., K. Teal, R. K. Arnall, D. B. Tubana, B. Holtz, S. Mosali and W. R. Raun. 2007. Long-term effects of nitrogen management practices on grain yield, nitrogen uptake, and efficiency in irrigated corn. J. Plant Nutr. 30:2021-2036.

Ghuman, B. S and H. S. Sur. 2001. Tillage and residue management effects on soil properties in a direct drill tillage system. Soil and Tillage Res. 42: 209-219.

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.

Hobbs, P. R, K. Sayre and R. Gupta. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 363: 543-555.

Iqbal, A and M. Iqbal. 2015. Impact of potassium rates and their application time on dry matter partitioning, biomass and harvest index of maize (*Zea mays*) with and without cattle dung application. Emirates Journal of Food and Agriculture, *27*(5), 447.

Jackson, M. C. 1964. Soil chemical analysis. Constable and Co. Ltd. London. pp: 183-192.

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 J. Biol. 2: 345-349.

Kokalis, B., N. J. W Kloepper and M. S. Reddy. 2006. Plant growth-promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms. Applied Soil Ecology, 31(1-2), 91-100.

Moll, R. H, E. J. Kamprath and W. A Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal 74: 562-564.

Muñoz, R. V, B. L Lopez and R. J. B Lopez. 2015. Effect of tillage system on soil temperature in a rainfed Mediterranean Vertisol. International Agrophysics, 29(4): 467-473.

Murillo, J. M., F. Moreno, F. Pelegrin and J. E. Fernandez. 1998. Responses of sunflower to traditional and conservation tillage under rainfed conditions in southern Spain. Soil & Tillage Research. 49 (3): pp. 233-241.

Mutegi, J. K, J. Lars, B. M.Petersen, E. M. Hansen and Petersen, S. O. 2010. Nitrous oxide emissions and controls as influenced by tillage and crop residue management strategy. *Soil Biology & Biochemistry*. 42:1701-1711.

Nyborg, M, E. D. Solberg, S. S. Malhi and R. C. Izaurralde. 1995. Fertilizer N, crop residue, and tillage after soil C and N content in a decade.p.93-99.

Rakshit, R., A. K. Patra, T. J. Purakayastha, R. D. Singh, H. Pathak and S. Dhar. 2015. Effect of Super-optimal Dose of NPK Fertilizers on Nutrient Harvest Index, Uptake and Soil Fertility Levels in Wheat Crop under a Maize (*Zea mays*)-Wheat (*Triticum aestivum*) Cropping System. International Journal of Bio-resource and Stress Management, 6(1), 15-23.

Roberts, T. L. 2008. Improving nutrient use efficiency. Turkish Journal of Agriculture and forestry. 32: 177-182.

Sikora, V., J. Berenji, V. Popovi, M. Brdar-Jokanovic and L. Maksimovic. 2015. Accumulation and distribution of NPK in above ground parts of grain sorghum and maize in intensive production. Poljoprivreda i Sumarstvo, 61(1), 223.

Singh, B. R and M. Haile. 2007. Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (Eragrostistef (Zucc.) Trotter) and soil properties. Soil and Tillage Res. 94: 55-63.

Singh, S., A. A. David and T. Thomas. 2017. Response of Different Levels of NPK, Zinc and Neem Cake on Soil Health Growth and Yield of Maize (*Zea mays* L.) Var. Ganga 101. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci, *6*(7), 194-202.

Thierfelder, C and P. C. Wall. 2010. Rotation in conservation agriculture systems of Zambia: Effects on soil quality and water relations. Experimental Agriculture 46: 309-325.

Thomason, W. E., W. R. Raun and G. V. Johnson. 2002. Production system techniques to increase nitrogen use efficiency in winter wheat. Journal of Plant Nutrition 25: 2261-2283.

Uribelarrea, M., S. P. Moose and F. E. Below. 2007. Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. Field Crops Research. 100: 82–90.

Vetch, J. A and G. W. Randall. 2000. Enhancing no-tillage systems for corn with starter fertilization, row cleaners, and nitrogen placement methods. Agron. J. 92: 309-315.

Vukovic, I., M. Mesic, Z. Zgorelec, A. Jurisic and K. Sajko. 2008. Nitrogen use efficiency in winter 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 Crop Res. (120), 47-57.

Effect of tillage systems and fertilization (NPK) on quantitative and qualitative traits of corn (*Zea mays L.*)

A. Fathi[1], D. Barari Tari[2], H. Fallah[2], Y. Niknezhad[2]

Received: 2018-4-21 Accepted: 2018-7-10

Abstract

In order to investigate tillage system and fertilization management in improving the quantitative and qualitative traits of corn, a split-plot experiment was laid out in the base of RCBD with four replications in Darrehshahr (Ilam province) during 2016 – 2017. Experimental treatments consisted of three levels of tillage [zero-tillage (direct sowing), conservative tillage (using compound and furrower), conventional tillage (Moldboard plow + double discs + pellets furrower)] and nitrogen, phosphorus, potassium (NPK) in three levels [included not use of chemical fertilizer $(NPK)_0$, 50% recommended NPK $(NPK)_{50}$, 100% recommended NPK $(NPK)_{100}$]. The results of mean comparisons showed that the highest nitrogen yield per grain (30.15 kg.kg-1) was obtained in conservative tillage which is more than the no-tillage system with the use of $(NPK)_{100}$. The highest grain yield (8401 kg.ha-1) was obtained in conservative tillage treatment with use of $(NPK)_{100}$ while least grain yield (5239 kg ha-1) was obtained in no-tillage with use of $(NPK)_0$. It can be concluded that conservative tillage improves the absorption of elements which has increased the nutrient use efficiency. Conservative tillage against no-tillage system had a positive effect on yield, yield components, and nutrient efficiency while in some traits, this increase was more than a conventional system.

Keywords: Elemental productivity, tillage, corn, grain yield, chemical fertilization

1- Ph.D. Student of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

2- Department of Agronomy, Islamic Azad University of Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran