

تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی ذرت (*Zea mays* L.)

مسعود رفیعی^{*۱} و عبدالرضا کونانی^۲

۱. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد، خرم آباد، ایران.
(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۲۷)

چکیده

امروزه کاربرد کودهای آلی در جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی و همچنین افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی خاک در نظام‌های زراعی پایدار، اهمیت ویژه‌ای دارد. به منظور بررسی تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل‌ها شامل کود پایه در سه سطح (کاربرد کود شیمیایی، ورمی کمپوست و کاربرد توأم ۵۰ درصد کود شیمیایی و ورمی کمپوست) و زمان کوددهی (عدم مصرف، یک مرحله و دو مرحله کود - سرک نیتروژن) بودند. نتایج نشان داد که کود پایه و کود سرک، دارای اثر معنی‌داری بر صفات بود. کاربرد کود شیمیایی و همچنین کاربرد توأم کود شیمیایی و ورمی کمپوست، نسبت به کاربرد ورمی کمپوست خالص، برتری معنی‌داری داشت. بیشترین افزایش صفات، حاصل کاربرد کود سرک، با افزایش ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد دانه مشاهده شد. بالاترین عملکرد دانه (۸۹۳۵ کیلوگرم در هکتار) و پروتئین (۸/۶ درصد)، با کاربرد همزمان کود پایه به دست آمد. یافته‌ها نشان داد که کاربرد همزمان کود پایه، علاوه بر افزایش عملکرد و پروتئین دانه، می‌تواند موجب بهینه‌سازی مصرف کود نیتروژن در زراعت ذرت شود و همچنین یک مرحله کوددهی سرک می‌تواند، رشد و عملکرد اقتصادی این گیاه را به نحو چشمگیری بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، پروتئین دانه، سینگل کراس ۷۰۴، عملکرد اقتصادی، کود سرک.

Effect of vermicompost and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative yield of corn (*Zea Mays* L.)

Masoud Rafie^{*1} and Abdol Reza Koonani²

1. Research Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREO, Khorramabad, Iran.
2. MS Graduated of Agronomy, Agricultural Department, Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Khorramabad, Iran.

(Received: January 10, 2018 – Accepted: March 18, 2018)

ABSTRACT

Nowadays, implication of organic fertilizers is very important to optimize the use of chemical fertilizers, as well as increasing the production and preservation of soil fertility in sustainable agricultural systems. An experiment was conducted to investigate the effect of vermicompost and nitrogen fertilizers on quantitative and qualitative yield of S.C 704 variety of corn in a factorial arrangement in a randomized complete block design with three replications. The factors consisted of three levels of base fertilizer (application of chemical fertilizer, vermicompost and combined application of 50% chemical fertilizer and vermicompost) at sowing date, and side dress fertilization (non-consumption, one stage and two levels of nitrogen fertilizer). Results showed that basic fertilizer and side dress fertilizer had a significant effect on traits. The application of fertilizer as well as the application of combined fertilizer and vermicompost had a significant advantage over pure vermicompost application. The most increase in grain yield obtained by side dressing with an increase in plant height, grain yield and its components. The highest grain yield (8935 kg. ha⁻¹) and protein (8.6%) were obtained in the application of combined basic fertilizer. The results showed that the combined application of fertilizers, in addition to increasing yield and protein content, can optimize the application of nitrogen fertilizer on corn as well as a one-stop side dress fertilizing would improve economic performance of the plant significantly.

Keywords: Economic Performance, optimization, seed protein, S.C 704, side dress Fertilizer.

* Corresponding author E-mail: rafieemasoud@yahoo.com

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.)، گیاهی با سیستم فتوسنتزی C_4 است که با توجه به پتانسیل بالای تولید اقتصادی (دانه و علوفه)، جهت تأمین خوراک دام و طیور، کشت آن در بیشتر مناطق کشور توسعه پیدا کرده است. این گیاه پربازده و همچنین تند رشد، طی مراحل رشد و نمو، برای افزایش سرعت رشد و کارایی فتوسنتزی برگ‌ها و در نتیجه افزایش عملکرد محصول، به عناصر غذایی متنوع زیادی نیاز دارد که بایستی در طول فصل رویشی، به مقدار کافی و در زمان مناسب در اختیار جامعه گیاهی قرار گیرد (Rafiee, 2014). نیتروژن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی پرمصرف برای رشد و نمو اکثر گیاهان زراعی، نقش مهمی در ساختمان مولکول‌های پروتئینی، آنزیم‌ها، کوانزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سیتوکروم‌ها دارد (Kumar *et al.*, 2013). Hofman & Cleemput (2004) اظهار داشتند که مصرف بیش از نیاز کودهای حاوی نیتروژن در زمان کاشت، علاوه بر امکان شست‌وشو و خارج شدن آن از دسترس ریشه و همچنین ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی، اثر بازدارنده و نامطلوبی بر جوانه‌زدن بذر گیاهان دارد. بنابراین، مصرف کود سرک به صورت خاک مصرف، به صورت تقسیط و بر اساس آزمون خاک، موجب جلوگیری از این مشکلات و افزایش کیفیت و کمیت محصولات می‌شود. اما کاربرد کودهای زیستی، به دلیل مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی و اثرات مخربی که بر چرخه‌های زیستی و پایداری بوم‌نظام‌های زراعی دارند، اجتناب‌ناپذیر می‌نماید (Kannayan, 2002). بر این مبنای توسعه کشاورزی در طی دوره گذار از کشاورزی متداول به کشاورزی پایدار، به صورت تلفیق مصرف کودهای شیمیایی و آلی (به‌ویژه کودهای زیستی با کاربرد حداقل نهاده شیمیایی)، به‌عنوان راهکاری برای کشاورزی جایگزین، جهت حفظ تولید محصول در سطح قابل قبول مطرح شده است (Rigi, 2003) و (Sharma, 2004).

ورمی‌کمپوست، متشکل از ورمی (کرم‌های قرمز حلقوی) و کمپوست (کود آلی)، یک ماده آلی پیت مانند است که باعث نرمی بافت خاک و افزایش تهویه، جذب رطوبت و نگهداری آب می‌شود و کربن آلی موجود در ورمی کمپوست، عناصر غذایی را به آرامی و به‌طور یکنواخت در

سیستم رشد گیاهی آزاد می‌کند و گیاه را قادر به جذب آن‌ها می‌نماید (Alikhani & Savabeghi, 2006; Arancon *et al.*, 2004). از مهم‌ترین مزایای مصرف ورمی کمپوست نسبت به سایر کمپوست‌های آلی، یل فراهمی بیشتر عناصر غذایی (Mamo *et al.*, 1998; Jeyabal & Kuppaswamy, 2001) شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، منگنز، بر و روی برای گیاهان (Jeyabal & Kuppaswamy, 2001) است. میزان اثرگذاری کودهای آلی بر رشد و عملکرد گیاهان، حدود ۶۰ درصد در سال اول و به ترتیب ۴۵، ۳۰ و ۲۵ درصد در سال‌های دوم، سوم و چهارم گزارش شده است (Eghball *et al.*, 2004). محققین با بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست بر وزن خشک بوته‌های ذرت دریافتند که بیشترین وزن خشک گیاه ذرت، در تیمارهای حاوی کود ورمی کمپوست نسبت به شاهد به‌دست آمد و این افزایش ماده خشک را می‌توان به عرضه مواد غذایی بیشتر توسط ورمی کمپوست مصرف شده و همچنین بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک نسبت داد (Dash & Petra, 2010). پژوهشگران در بررسی تأثیر کمپوست بر عملکرد ذرت گزارش کردند که با افزایش سطوح کمپوست، عملکرد ذرت، افزایش چشم‌گیری پیدا کرد. این پژوهشگران بیان داشتند که کمپوست با رهاسازی تدریجی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه که متناسب با رشد آن است، باعث بهبود عملکرد گیاه می‌شود و از طرفی از آبهویی و هدرروی عناصر جلوگیری می‌کند (Singer *et al.*, 2004). دیگر پژوهشگران نیز بیان داشتند که کاربرد کمپوست، باعث افزایش میزان اسیدیته سطح خاک می‌شود درحالی‌که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن، موجب کاهش اسیدیته شد. این پژوهشگران همچنین بیان داشتند که کاربرد کمپوست در خاک به مدت چهار سال، توانست میزان کربن موجود در خاک را تا چند سال و در حد چشمگیری بالاتر از کودهای شیمیایی نگهدارد (Eghball, 2002). Zaremanesh *et al.* (2007) بیان داشتند که کاربرد تلفیقی ورمی کمپوست با ۲۵ درصد کود شیمیایی نیتروژن در ذرت، علاوه بر کاهش مصرف کودهای نیتروژن‌دار، موجب افزایش تولید و درآمد کشاورزان، به دلیل کاهش هزینه مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. در آزمایشی روی ذرت و نخود مشخص شد که مصرف ورمی کمپوست، باعث

لرستان، با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۱۹۸ متر از سطح دریا، با میانگین ۴۰۵ میلی‌متر بارندگی سالانه و اقلیم نیمه‌خشک، به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل‌ها شامل کود پایه در سه سطح (کاربرد کود شیمیایی، ورمی-کمپوست و کاربرد توأم ۵۰ درصد کود شیمیایی و ورمی-کمپوست) و زمان کوددهی (عدم‌مصرف، یک‌مرحله در زمان سه تا چهار برگی بوته‌ها و دو مرحله کود سرک نیتروژن در زمان سه تا چهار برگی و شش تا هشت‌برگی بوته‌ها) بودند. کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم خالص بر اساس آزمون خاک، به ترتیب ۱۰۰، ۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار و از منبع اوره ۴۶ درصد، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در زمان کاشت تأمین شد. کود ورمی‌کمپوست نیز به میزان پنج تن در هکتار مصرف شد. کود سرک به صورت خاک‌مصرف و از منبع اوره، بر اساس ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در هر مرحله به زمین داده شد. زمین محل آزمایش در سال زراعی قبل آیش بود. خصوصیات شیمیایی کود ورمی‌کمپوست و خاک مزرعه (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) در جدول ۱ ارائه شده است. بافت خاک مزرعه، لومی سیلتی بود. فاصله ردیف‌های کاشت، ۷۵ سانتی‌متر و هر کرت شامل چهار خط کاشت به طول شش متر بود. فاصله تکرارها، ۲/۵ متر و فاصله کرت‌ها از یکدیگر، دو متر در نظر گرفته شد. برای کاشت، ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ انتخاب شد که رقمی دیررس است. دانه‌های ذرت با فاصله ۱۸ سانتی‌متر و به‌صورت سه بذر در هر کپه و در تاریخ ۱۰ خردادماه کشت شدند. عملیات تنک کردن در مرحله ۵ برگی صورت گرفت، به‌طوری‌که یک بوته سالم و قوی از هر کپه نگهداری شد و بقیه بوته‌ها حذف شدند. مراقبت‌های زراعی، بسته به نیاز در طول فصل رشد انجام شد. آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای و با فاصله زمانی هفت روز یک‌بار انجام شد.

افزایش عملکرد زیستی، عملکرد دانه و کیفیت محصول، در مقایسه با تیمار شاهد شد (Jat & Ahlawat, 2006). Saha *et al.* (2007)، در پژوهشی با بررسی اثر کود آلی بر عملکرد ذرت گزارش دادند که کشت ذرت دانه‌ای در شرایط مدیریت ارگانیک، باعث افزایش غلظت عناصر میکرو در دانه ذرت می‌شود. Majidian (2008) نیز بیشترین عملکرد علوفه و بالاترین کیفیت علوفه را در تیمار تلفیقی کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست در گیاه ذرت گزارش نمود. این محقق بیان داشت که در روش تلفیقی کود نیتروژن و ورمی‌کمپوست، کود نیتروژن در مراحل اولیه رشد، موجب افزایش رشد رویشی و شاخص سطح برگ می‌شود و در مراحل بعدی، آزادسازی عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست در طی دوره کاکل‌دهی و تشکیل دانه که حساس‌ترین مرحله در جذب نیتروژن و تشکیل مواد فتوسنتزی است، موجب افزایش تعداد دانه در بلال، افزایش طول بلال و افزایش درصد پروتئین دانه شده است. در یک بررسی گزارش شد که مصرف ترکیبات نیتروژن به‌صورت شیمیایی و تلفیق آن با کود ورمی‌کمپوست، میزان عملکرد دانه ذرت و میزان پروتئین دانه افزایش یافت (Majidian, 2008; Thind *et al.*, 2002). Mohammadian & Malakouti (2002) در ارزیابی تأثیر دو نوع کمپوست بر خصوصیات خاک و عملکرد ذرت گزارش دادند که تیمار مصرف توأم کمپوست و کود شیمیایی، عملکرد بالاتری را نسبت به تیمار کود شیمیایی به‌تنهایی داشت. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، هدف از اجرای این آزمایش، بررسی واکنش ذرت دانه‌ای به مصرف توأم ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی و تقسیط مصرف نیتروژن به‌صورت سرک، به‌منظور مدیریت صحیح تغذیه‌ای گیاه و کاهش مصرف کودهای شیمیایی در راستای کشاورزی پایدار بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در منطقه کوه‌دشت استان

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی کود ورمی‌کمپوست و خاک مزرعه

Table 1. Chemical traits of vermicompost fertilizer and field soil

	Nitrogen N (%)	Phosphorous P (%)	Potassium K (%)	ph	E.C (ds.m ⁻¹)
Vermicompost	1.7	1.6	1.2	8.1	8.9
Soil	0.15	0.14	0.12	7.47	1.2

مصرفی بر اساس عامل‌های آزمایشی در جدول ۲ آورده شده است.

با توجه به محتوای نیتروژن ورمی کمپوست (۱/۷ درصد) (جدول ۱) و کود اوره (۴۶ درصد)، میزان نیتروژن

جدول ۲- میزان نیتروژن مصرف شده بر اساس عامل‌های آزمایشی

Table 1. Nitrogen implication based on trial treatments

	No application	One time	Two times	Mean
Chemical fertilizer	100	200	300	200
vermicompost	85	185	285	185
Combined fertilizer	135	235	335	235
Mean	107	207	307	

(*al.*, 2009) اما محتوا و فراهمی بیشتر نیتروژن در کود شیمیایی و تلفیقی، نیاز گیاه را به‌طور کامل مرتفع ساخت و موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع نسبت به ورمی کمپوست شد. این نتایج توسط Keskin *et al.* (2005) و Salwa & Al- Shormillesy (2005) تأیید شد. آن‌ها گزارش کردند که افزایش نیتروژن، ارتفاع ذرت را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است.

اجزای عملکرد دانه

وزن چهارصد دانه ذرت، به‌طور معنی‌داری تنها تحت تأثیر زمان کوددهی قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن چهارصد دانه بدون تفاوت معنی‌دار، از مصرف یک‌بار (۱۵۵/۸ گرم) و دو بار (۱۵۴/۷ گرم) سرک کود شیمیایی به‌دست آمد و کمترین آن (۱۳۵/۴ گرم)، در شرایط عدم مصرف کود سرک حاصل شد (جدول ۴). Amanollahi- Baharvand *et al.* (2014) نیز مشاهده نمودند که تأثیر نوع کود (ورمی کمپوست، شیمیایی و تلفیقی) بر وزن چهارصد دانه ذرت معنی‌دار نشد. در مطالعه دیگری، با مصرف کودهای آلی هوموسی، افزایش معنی‌داری در وزن هزاردانه صورت نگرفت (Eghball, 2002). از آن‌جا که وزن دانه، تابع شرایط و طول دوره پرشدن دانه پس از گل‌دهی است، مصرف کود سرک نیتروژن توانسته است نیاز گیاه ذرت به این عنصر ضروری در این دوره را تأمین نماید و موجب افزایش وزن چهارصد دانه شود (Rafiee, 2014). نیتروژن، عنصری با قابلیت آب‌شویی و تصعید بالا است و تقسیط آن، موجب رفع کمبود در مرحله پرشدن دانه می‌شود (Salwa & Al- Shormillesy, 2005).

در زمان برداشت، ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب شدند و صفات تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن چهارصد دانه، وزن بلال، وزن چوب بلال، طول بلال و عملکرد زیستی اندازه‌گیری شد و عملکرد دانه دو خط وسط هر کرت، با رعایت حاشیه از دو طرف، بر اساس ۱۴ درصد رطوبت ثبت شد. درصد روغن (Yaniv, 1999) و درصد نیتروژن دانه (Bremner & Mulvaney, 1982) نمونه‌های ارسال شده به آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. درصد پروتئین دانه، از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن در ضریب ۶/۲۵ (Bremner & Mulvaney, 1982) محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها، بر اساس آزمون چند دامنه- ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثر کود پایه بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد اما کود سرک و اثر متقابل آن با کود پایه، تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۳). کاربرد کود تلفیقی، بدون تفاوت معنی‌دار با کود شیمیایی، بیشترین میزان ارتفاع بوته (به- ترتیب ۲۱۷ و ۲۱۴/۴ سانتی‌متر) و کاربرد ورمی کمپوست، کمترین ارتفاع (۲۰۴/۴ سانتی‌متر) را موجب شدند (جدول ۴). افزایش ارتفاع گیاه، ناشی از توسعه و تقسیم سلولی است که می‌تواند به‌وسیله‌ی ماده مغذی نیتروژن، تحریک شده باشد. ورمی کمپوست، با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد و ارتفاع شد (Nardi *et*

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در ذرت دانه‌ای

Table 3: Analysis of variance of measured traits in grain corn

S.O.V	df	Height	400-grain weight	Rows per ear	Grain per row	Grain yield	Harvest Index	Grain Fatty	Grain protein
Rep.	2	15.81	72.06	0.04	70.57*	2854387.36	20.32	0.003	0.122
Basic fertilizer (BF)	2	396.25*	25.50	0.61	68.29*	4477494.52*	3.75	0.56	6.77**
Side dress fertilizer (SF)	2	102.37	1182.91**	2.58	80.95*	12847193.64**	27.41	0.21	5.47**
BF × SF	4	127.25	236.66	0.51	30.77	1118268.85	11.60	0.12	0.81
Error	16	69.93	186.52	2.19	18.55	1088809.57	21.20	0.64	1.27
%C.V	-	3.94	9.19	3.17	11.1	12.6	14.5	9.9	8.14

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

می‌شود که انتهای بلال‌ها، فاقد دانه شود و دانه‌ها به‌آسانی جدا شوند (Rafiee, 2014). معمولاً تأثیر کود نیتروژنی بر تعداد دانه در بلال نیز مثبت است (Salwa & Al-Shormillesy, 2005). در این آزمایش، کود شیمیایی و تلفیقی بیشترین تأثیر مثبت را به همراه داشتند.

شاخص برداشت و محتوای چربی دانه

در این بررسی، شاخص برداشت و محتوای چربی دانه، تحت تأثیر عوامل آزمایشی قرار نگرفتند (جدول ۳). شاخص برداشت، بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد دانه و عملکرد زیستی است، به طوری که هر چه این نسبت بالاتر باشد، نشان‌دهنده کارایی بیشتر اندام تولید کننده، در رسیدن به عملکرد بالاست. عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر شاخص برداشت، می‌تواند ناشی از تأثیر یکسان سطوح آزمایشی، هم بر عملکرد دانه و هم بر عملکرد زیستی باشد. Amanollahi-Baharvand *et al.* (2014) و Rafiee (2014) نیز تغییر معنی‌داری که ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و آلی در میزان شاخص برداشت و همچنین چربی دانه ذرت باشد، نیافتند؛ این نتایج، با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد.

عملکرد و محتوای پروتئین دانه

اثر کود پایه بر عملکرد دانه و محتوای پروتئین دانه ذرت بسیار معنی‌داری بود (جدول ۳). هر دو صفت در تیمار کود تلفیقی (به ترتیب ۸۹۳۵ کیلوگرم در هکتار و ۸/۶ درصد)،

تیمارها تأثیر معنی‌داری بر تعداد ردیف دانه در بلال نداشتند (جدول ۳). این امر به نوبه خود، بر ژنتیکی بودن تعداد ردیف دانه در بلال و پایداری نسبتاً بالای آن در مقابل تغییرات محیطی، دلالت دارد و نقش کلی در تعیین عملکرد دانه را بیان می‌کند. معمولاً تعداد دانه در ردیف، در دامنه وسیعی از شرایط ثابت می‌ماند (Eghball *et al.*, 2004; Rafiee, 2014). تعداد دانه در ردیف، به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده کود پایه و کود سرک قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در ردیف در تیمار کود پایه شیمیایی و کود تلفیقی، به ترتیب ۳۷/۱ و ۳۶/۲ دانه، به دست آمد و که این دو تیمار، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کمترین تعداد دانه در ردیف متعلق به ورمی‌کمپوست (۳۴/۳ دانه) بود (جدول ۴). بیشترین تعداد دانه در ردیف، بدون تفاوت معنی‌دار، از دو بار و یک‌بار کاربرد کود سرک (به ترتیب ۳۷/۸ و ۳۶/۴ دانه) و کمترین آن (۳۳/۴ دانه)، از عامل عدم سرک به دست آمد (جدول ۴). در میان اجزای عملکرد، تعداد دانه، عمدتاً تحت تأثیر عوامل زراعی و محیطی قرار می‌گیرد (Singh & Faroda, 2004). Hanway (2004) معتقد است که تعداد دانه در ردیف بلال، یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه است و تأثیر مثبت افزودن عناصر غذایی در بهبود عملکرد دانه، بیشتر از طریق افزایش تعداد دانه در ردیف است. تعداد دانه در بلال، بستگی به پتانسیل ژنتیکی گیاه و نیز فراهمی عناصر غذایی لازم، در مرحله تبدیل مریستم رویشی به زایشی و پس از آن دارد. کمبود نیتروژن در ذرت موجب

زیست توده (شاخص برداشت) را ارتقاء بخشیدند، عملکرد دانه را افزایش دادند. این عوامل، با بهبود جذب نیتروژن، موجب افزایش درصد پروتئین دانه ذرت نیز شدند. این نتایج نشان داد که اگرچه مصرف خالص ورمی کمپوست، تنها با اضافه نمودن ۸۵ کیلوگرم نیتروژن به هر هکتار خاک (جدول ۲)، قادر به تأمین نیاز ذرت به نیتروژن، برای دستیابی به حداکثر میزان عملکرد و پروتئین دانه نیست، اما با مصرف کود تلفیقی (حاوی ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) با استفاده از کودهای دامی و زیستی، در واقع نظام زراعی به سمت نظام‌های زراعی اکولوژیک و کم‌نهاده سوق پیدا می‌کند (Roy & Singh, 2006).

بدون تفاوت معنی‌دار با کود شیمیایی خالص (به ترتیب ۸۳۷۵ کیلوگرم در هکتار و ۸/۴ درصد)، بیشترین و در عامل ورمی کمپوست خالص (به ترتیب ۷۵۳۴ کیلوگرم در هکتار و ۶/۹ درصد)، کمترین میزان را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). بهبود افزایش عملکرد دانه را می‌توان در همبستگی مثبت و معنی‌دار آن با ارتفاع بوته و اجزای عملکرد دانه شامل وزن چهارصد دانه، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه در بلال و همچنین درصد پروتئین دانه جستجو نمود (جدول ۵). به عبارت دیگر، تیمارهایی که موجب افزایش رشد رویشی مانند ارتفاع بوته شدند و همچنین ضمن بهبود اجزای عملکرد دانه، سهم دانه از

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی ذرت دانه‌ای

Table 4. Mean comparison of measured traits in grain corn

	Height (cm)	400-grain weight (gr)	Rows per ear	Grain per row	Harvest Index (%)	Grain Fatty (%)
Basic fertilizer						
Chemical fertilizer	214.44 ^a	147.87 ^a	14.19 ^a	37.11 ^a	32.34 ^a	1.91 ^a
vermicompost	204.44 ^b	147.42 ^a	13.68 ^a	34.32 ^b	31.06 ^a	2.03 ^a
Combined fertilizer	217.00 ^a	150.54 ^a	13.84 ^a	36.16 ^a	31.57 ^a	2.39 ^a
Side dress fertilizer						
No application	208.33 ^a	135.39 ^b	13.29 ^a	33.43 ^b	29.68 ^a	2.29 ^a
One time	212.56 ^a	155.77 ^a	14.17 ^a	36.40 ^a	32.29 ^a	2.05 ^a
Two times	215.00 ^a	154.67 ^a	14.26 ^a	37.76 ^a	32.99 ^a	1.99 ^a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند

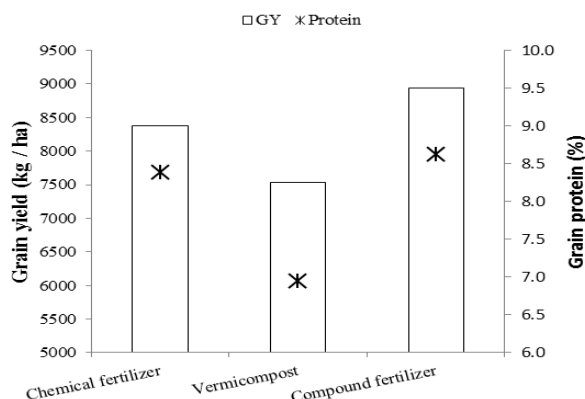
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different based on DanCAN's Multiple Range Test

گذشت زمان، از طریق بهبود تدریجی وضعیت فیزیولوژیکی خاک و عرضه بهتر عناصر غذایی برای گیاه، افزایش می‌یابد (Marjavi & Jahadakbar, 2002).

عملکرد دانه و همچنین محتوای پروتئین دانه ذرت نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کود سرک شیمیایی قرار گرفت (جدول ۲). روند تغییرات عملکرد دانه ($R^2 = 0.974^{**}$) و محتوای پروتئین دانه ($R^2 = 0.964^{**}$) ذرت، با مصرف کود سرک شیمیایی، از یک رابطه لگاریتمی معنی‌دار و مثبت پیروی می‌کرد (شکل ۲)، به طوری که هر دو صفت با کاربرد کود سرک، به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. عملکرد دانه از ۶۹۳۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم کاربرد کود سرک، به ۸۷۰۵ و ۹۲۰۷ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب تیمارهای در یک و دو مرحله کود سرک، افزایش یافت اما تفاوت معنی‌داری میان تیمارهای یک-مرحله و دو مرحله کود سرک مشاهده نشد. محتوای پروتئین دانه ذرت نیز از ۷/۵ درصد در تیمار عدم کاربرد

اثر هم‌افزایی بین کودهای دامی، زیستی و شیمیایی روی رشد و عملکرد گیاه، توسط Sing *et al.* (2008) و Thelan *et al.* (2004) تأیید شده است. پیشتر معلوم شده است که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و ورمی کمپوست می‌تواند در افزایش عملکرد ذرت نقش مؤثری ایفا نماید (Karimi *et al.*, 2011; Majidian, 2008; Mohammadian & Malakouti, 2002; Thind *et al.*, 2002; Zaremanesh *et al.*, 2007) و نتایج این تحقیق نیز این امر را ثابت می‌کند. چنین به نظر می‌رسد که کود تلفیقی، با تأمین به موقع و متوازن عناصر غذایی، قابلیت دسترسی به عناصر پرمصرف توسط گیاه را افزایش می‌دهد و با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی در خاک و ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه و همچنین از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی، باعث افزایش رشد اندام هوایی و میزان عملکرد شود (Nardi *et al.*, 2009; Rafiee, 2014; Mohammadian & Malakouti, 2002). معلوم شده است که اثرات کود آلی کمپوست با

کود سرک، به ۸/۱ و ۸۳ درصد، به ترتیب در کاربرد یک- مرحله و دو مرحله کود سرک افزایش یافت.

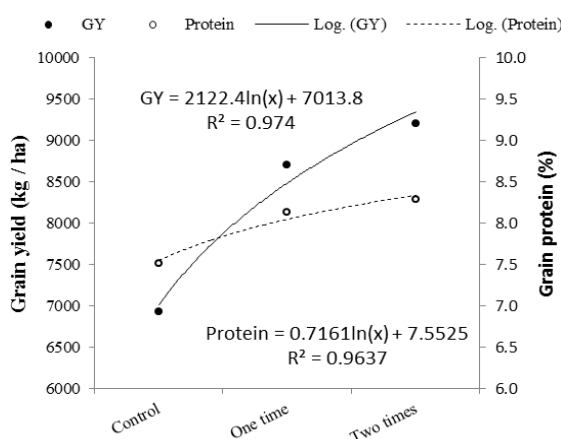


شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه و محتوای پروتئین دانه ذرت تحت تأثیر نوع کود پایه

Fig. 1. Mean comparison of the effect of different basic fertilizers on corn grain yield and protein content

و بر اساس آزمون خاک، موجب جلوگیری از مشکلات تصعید و آبشویی نیتروژن و افزایش کیفیت و کمیت محصولات می‌شود (Hofman & Cleemput, 2004). از طرفی، Jokela & Randall (1997) گزارش نمودند که افزایش کاربرد نیتروژن از صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌دار افزایش داد، اما پس از آن، افزایش سطح کودی نیتروژن تا ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نشد. نتایج تعداد دیگری از آزمایش‌ها نیز تأثیر مثبت کاربرد کود نیتروژن تا یک حد معین بر عملکرد دانه را تأیید می‌کنند (Kamprath *et al.*, 1999; Ezumah *et al.*, 2007).

میانگین محتوای نیتروژن برای تیمارهای عدم کود سرک و یک و دو مرحله کود سرک در این شکل، به ترتیب ۱۰۷، ۲۰۷ و ۳۰۷ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود (جدول ۲). در بین کاربرد یک‌مرحله و دو مرحله کود سرک نیز تفاوت معنی‌داری از نظر پروتئین دانه مشاهده نگردید (شکل ۲). لگاریتمی بودن این روند، نشانگر کاهش میزان افزایش عملکرد و پروتئین دانه ذرت، با هر بار افزایش در تعداد دفعات کود سرک می‌باشد. به عبارت دیگر، جذب نیتروژن با یک‌مرحله کود سرک، به حد بحرانی نزدیک شده و دفعات بیشتر کاربرد کود سرک، موجب افزایش خطی عملکرد و پروتئین دانه نشد. کاربرد خاکی کود سرک به‌صورت تقسیط



شکل ۲- روند تغییرات عملکرد دانه و محتوای پروتئین دانه ذرت تحت تأثیر کود شیمیایی سرک. control, One time و Two times: به

ترتیب عدم مصرف، و مصرف سرک کود شیمیایی در یک مرحله سه تا چهاربرگی و در دو مرحله سه تا چهار و شش تا هشت برگی

Fig. 2. Variation trend of grain yield and protein content of grain corn in different soil dress chemical fertilizer application. control, one time and Two times: No application, one-time soil dress chemical fertilizer application at 3-4 leaves stage and two times soil dress chemical fertilizer application at 3-4 and 6-8 leaves stages, respectively.

جدول ۵- همبستگی میان صفات اندازه‌گیری شده در ذرت دانه‌ای

Table 5. Correlation between traits in grain corn

Traits	Height	400-grain weight	Grain per row	Rows per ear	Grain yield	Harvest Index	Grain Fatty
400-grain weight	0.618						
Grain per row	0.583	0.641					
Rows per ear	0.456	0.767**	0.805**				
Grain yield	0.823**	0.862**	0.833**	0.694*			
Harvest Index	0.734*	0.811**	0.669*	0.637	0.823**		
Grain Fatty	0.022	-0.352	-0.484	-0.417	-0.224	-0.409	
Grain protein	0.896**	0.461	0.623	0.498	0.748*	0.619	0.179

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

۱۰۰ کیلوگرم در هکتار NPK خالص) شد. علاوه بر این مشخص شد که مصرف تمامی نیتروژن مورد نیاز در زمان کاشت، توانایی تأمین نیاز ذرت به این عنصر ضروری در طی دوره رشد و نمو را ندارد و یک مرحله تقسیط آن به صورت کود سرک خاک مصرف در مرحله سه تا چهار برگی بوته‌ها، موجب بهبود عملکرد دانه و کیفیت محصول تولیدی می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش در مجموع نشان داد که مصرف پنج تن در هکتار ورمی کمپوست، به تنهایی، قادر به تأمین عناصر غذایی پرمصرف مورد نیاز، برای بروز پتانسیل واقعی عملکرد گیاه پرتوقع ذرت دانه‌ای نیست اما کاربرد همزمان آن، علاوه بر تولید بیشترین عملکرد و پروتئین دانه، موجب کاهش ۵۰ درصدی مصرف کودهای شیمیایی (در مجموع

REFERENCES

1. Alikhani, H. & G. R. Savabeghi. (2006). Vermicomposting for sustainable agriculture. Tehran University Pub. of Jahad. (In Farsi).
2. Amanolahi-Baharvand, Z., Zahedi, H. & Rafiee, M. (2014). Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth parameters of three corn cultivars. *Journal of applied science and agriculture*, 9(9), 22-26.
3. Arancon, N. Q., Edwards, C. A. & Bierman, P. (2006). Influences of vermicomposts on field strawberries: effects on soil microbial and chemical properties. *Bioresource Technology*, 97, 831-840.
4. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. & Metzger, J. D. (2004). Influence of vermicompost on field strawberries. *Bioresource Technology*, 93, 145-153.
5. Bremner, J. M. & Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen-Total. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. Eds., American Society of Agronomy, *Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin*, 595-624.
6. Dash, M. C. & Petra, U. C. (2010). Vermicompost production and nitrogen contribution to soil by a tropical earthworm population from a grassland site in Orissa India. *Ecological and Biological Soil Journal*, 16, 79-83.
7. Eghball, B. (2002). Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. *Agronomy Journal*, 94, 128-135.
8. Eghball, B., Ginting, D. & Gilley, J. E. (2004). Residual Effects of Manure and Compost Applications on Corn Production and Soil Properties. *Agronomy Journal*, 96, 442- 447.
9. Ezumah, H. C., Nam, N. K. & Walker, P. (2007). Maize- cowpea intercropping as affected by nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 79, 275-280.
10. Hanway, J. J. (2004). Growth Stages of Corn (*Zea mays*, L.). *Agronomy Journal Abstract*, 55 (5), 487-492.
11. Hofman G. & Cleemput. O. V. (2004). Soil and Plant Nitrogen. First version, IFA Press, Paris, France.
12. Jat, R. S. & Ahlawat, I. P. S. (2006). Direct and residual effect of vermicompost biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamic and productivity of chickpea- fodder maize sequence. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28: 41-54.
13. Jeyabal, A. & Kuppaswamy, G. (2001). Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. *European Journal of Agronomy*, 15(3), 153-170.
14. Jokela, W. E. & Randall, G. W. (1997). Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agronomy Journal*, 81, 720- 726.

15. Kamprath, E. J., Moll, R. & Rodriguez, H. (1999). Effects of nitrogen fertilization and recurrent selection on performance of hybrid populations of corn. *Agronomy Journal*, 74, 955- 958.
16. Kannayan, S. (2002). *Biofertilizers for sustainable crop production*, pp, 9-49. in: Biotechnology of biofertilizers. Ed., Kannayan, Narosa Publishing House, New Delhi, India.
17. Karimi, H., Mazaheri, D., Peighambari, S. A. & Mirabzadeh Ardekani, M. (2011). Effect of organic fertilizers and mineral fertilizer consumption on grain yield and yield components of Corn Single Cross 704. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 13(4), 611-626.
18. Keskin, B., Akdeniz, H., Yimaz, I. H. & Turan, N. (2005). Yield and quality of forage corn (*Zea mays* L.) as influenced by cultivar and nitrogen rate. *Agronomy Journal*, 4(2), 138-141.
19. Kumar, K. V., Sudarshan, M. R., Dangi, K. S. & Reddy, S. M. (2013). Character association and path coefficient analysis for seed yield in quality protein maize *Zea mays* L. *Journal of Research ANGRAU*, 41(2), 153-157.
20. Majidian, M. (2008). *Effects of nitrogen fertilizer, manure, and water stress in agro systems during different growth stages on quantitative and qualitative agronomic characteristics of corn (zea mays L.)*. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture Tarbiat modares university, Tehran, Iran.
21. Mamo, M., Rosen, C. J., Halbach, T. R. & Moncrief, J. F. (1998). Corn yield and nitrogen uptake in sandy soils amended with vermicompost and municipal solid waste compost. *Journal of Production Agriculture*, 11, 460-475.
22. Marjavi, A. & Jahadakbar, M. R. (2002). Effect of municipal compost on chemical characteristics of soil, quality and quantity traits of sugar beet. *Journal of Sugar beet*, 18(1), 1-14.
23. Mohammadian, M. & Malakouti, M. J. (2002). Effect of two types of composts on soil physical and chemical properties and corn yield. *Journal of Water and Soil Science*, 16, 144-151.
24. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2009). Physiological effects of vermicomposting and humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1527–1536.
25. Rafiee, M. (2014). *Corn (Proceedings)*. Sarva Pup. Tehran. 237pp.
26. Rigi, M. R. (2003). *Study of greenhouse effect three type of vermicompost and nitrogen on yield and chemical composition of corn and rice*. MSC.
27. Thesis. Faculty of Agriculture Shiraz University, Egypt.
28. Roy, D. K. & Singh, B. P. (2006). Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (*Hordeum vulgare*). *Indian Journal of Agronomy*, 51, 40-42.
29. Saha, S., Appireddy, G. K., Kundu, S. & Gupta, H. S. (2007). Comparative efficiency of three organic manures at varying rates of its application to baby corn. *Agronomy and Soil Science*. 53, 507-517.
30. Salwa, M. A. Q. & Al-Shormillesy, I. (2005). Effect of splitting different nitrogen fertilizer levels on productivity of maize Zagazig. *Journal of Agricultural Research*, 32(1), 1-21.
31. Sharif, M., Khattak, R. A. & Sarir, M. S. (2002). Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Plant Analysis*, 33, 3567–3580.
32. Sharma, A. K. (2004). *Biofertilizers for sustainable agriculture*. Agro bios, India, 351 pp.
33. Sing, R., Sharma, R. R., Kumar, S., Gupta, R. K. & Patil, R. T. (2008). Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria xananassa* Duch.). *Bioresource Technology*, 99, 8507–8511.
34. Singer, J. W., Kohler, K. A., Liebman, M., Richard, T. L., Cambardella, C. A. & Buhler, D. D. (2004). Tillage and compost affect yield of corn, soybean, and wheat and soil fertility. *Agronomy Journal*, 96, 531–537.
35. Singh, B. & Faroda, A. S. (2004). Physiological parameters of Brassica species as affected by irrigation and nitrogen management on aridisols. *Indian Journal of Agriculture Science*, 39, 426-443.
36. Thelan, S. K., Thakral, K. K. & Nandal, J. K. (2004). Effect of *Azotobacter* on plant growth and seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare*). *Haryana Journal of Horticultural Science*, 33, 277-288.
37. Thind, S. S., Sing, M., Sidhu, A. S. & Chbibba, I. M. (2002). Influence of continuous application of organic manures and nitrogen fertilizer on crop yield, N uptake and nutrient status under maize- wheat rotation. *Journal Research of Panjal Agriculture*, 39, 357-361.
38. Yaniv, Z. Shabelsky E. & Schafferman, D. (1999). Colocynth h: Potential arid land oilseed from on ancient cucurbit. ASHS press. Alexandria, VA. 257-261.
39. Zaremanesh, H., Nasiri, B. & Amiri, A. (2007). The effect of vermicompost biological fertilizer on corn yield. *Journal of Materials and Environmental Science*, 8(1), 154-159.