دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
دوره سیزدهم، شماره چهل و هفتم، ۱۴۰۰

بررسی شاخص‌های رشد، عملکرد و کیفیت ذرت دانه‌ای سیمون تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی، آلی و شیمیایی جهت دستیابی به تولید غذای سالم

سعادت ده‌پهلوان[۱]، امین فرنیا[۲]، مجتبی جعفرزاده‌کنارسری[۳]، شهرام نخجوان[٤]

دریافت: ۱٤۰۱/۰۲/۰٦ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۱/۱۲

چکیده

امروزه کاربرد کودهای آلی و زیستی در جهت بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی و افزایش کیفیت محصول تولیدی اهمیت ویژه ای پیدا کرده است. به منظور بررسی اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بر عملکرد و انباشت نیترات در دانه ذرت سینگل کراس سیمون، آزمایشی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک¬های کامل تصادفی در چهار تکرار و دو سال زراعی متوالی ۹۸ – ۱۳۹۷ اجراشد. تیمار مایکوریزا در دو سطح کاربرد و عدم کاربرد عامل اصلی، تیمار ورمی‌کمپوست در سه سطح صفر، ٦ و ۱۲ تن در هکتار عامل فرعی و تیمار نیتروژن در سه سطح صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتارعامل فرعی فرعی بودند. مطالعه شاخص‌های رشد نشان داد که، با مصرف مایکوریزا، ۱۲تن ورمی‌کمپوست و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار شاخص‌های سطح برگ، روند تجمع ماده خشک و سرعت اسیمیلاسیون خالص نسبت به بقیه سطوح برتری داشته است. بر پایه نتایج به‌دست آمده، در برهم‌کنش اثر مایکوریزا × ورمی‌کمپوست ٦ تن × ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، عملکرد دانه به میزان ۱٤/۳٦ تن در هکتار و میزان انباشت نیترات دانه به ٤٦/٦۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن دانه رسید که مطلوب‌ترین ترکیب کودی بر مبنای هدف تحقیق، استاندارد انباشت نیترات در دانه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، شاخص‌های رشد، کیفیت، مایکوریزا ، نیتروژن و ورمی‌کمپوست

ده‌پهلوان، س.، ا. فرنیا، م. جعفرزاده‌کنارسری و ش. نخجوان. ۱٤۰۰. بررسی شاخص‌های رشد، عملکرد و کیفیت ذرت دانه‌ای سیمون تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی، آلی و شیمیایی جهت دستیابی به تولید غذای سالم. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۳(٤۷): ۷۵-٦۰.

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

۲- گروه زراعت، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران – مسئول مکاتبات. aminfarnia@yahoo.com

۳- گروه زراعت، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران.

٤- گروه اصلاح نباتات، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران.

مقدمه

ذرت (Zea mays L.)، یکی از محصولات اساسی و عمده در تامین نیازهای غذایی دام و طیور در ایران و جهان به شمار می‌رود که از نظر عملکرد و میزان تولید در دنیا رتبه اول و از نظر سطح زیر کشت مقام سوم را بعد از گندم و برنج دارد (پالش و همکاران، ۱٤۰۰). ذرت گیاهی با سیستم فتوسنتزی C4 است. این گیاه پربازده وهمچنین تند رشد، طی مراحل رشد و نمو، برای افزایش وکارایی فتوسنتزی برگها و در نتیجه افزایش عملکرد محصول، به عناصر غذایی متنوعی نیاز دارد که بایستی در طول فصل رویشی، به مقدار کافی و در زمان مناسب در اختیار جامعه گیاهی قرار گیرد (رفیعی،۱۳۹۳).

بعد از انقلاب سبز، افزایش مصرف کودهای شیمیایی به عنوان یکی از راهکارهای افزایش تولید و عملکرد در گیاهان شناخته می‌شده است ولی در چند دهه گذشته، علی رغم تلاش‌های بسیار، کارایی استفاده از عناصر غذایی در گیاهان زراعی ثابت باقی مانده است (سوبرامنیان و همکاران، ۲۰۱۵). یکی از دلایلی که کشاورزان به مصرف کودهای شیمیایی روی می‌آورند به علت قدرت تأثیر پذیری این کودها نسبت به کودهای آلی و زیستی است (ویلاور و همکاران، ۲۰۲۱). ازطرف دیگر مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی باعث تخریب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود (کالاپور و همکاران، ۲۰۱۳). نیاز بالای ذرت به عناصر غذایی به عنوان یک گیاه پر توقع موجب شده است که علاوه بر مصرف زیاد نهاده‌های شیمیایی، هزینه‌های تولید آن را نیز افزایش دهد. همچنین این موضوع سبب بروز مشکلاتی از قبیل آلودگی محیط زیست، کارایی پایین مصرف کود، کاهش کیفیت محصولات تولیدی، تخریب خاک، کمبود عناصر ریز مغذی در خاک، ایجاد سمیّت برای میکروارگانیسم‌های خاک و کاهش درآمد زارعین گردد(سینگ و همکاران، ۲۰۱۷). کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی موجب عدم تعادل عنصرها و مواد غذایی موجود در خاک، کاهش بازده محصول‌های کشاورزی و به خطر افتادن سلامت انسان‌ها و دیگر موجودهای زنده شده است. زاهدی و همکاران (۱۳۹٦) در استفاده تلفیقی از کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد ذرت به این نتیجه دست یافت که استفاده تلفیقی از کود شیمیایی و زیستی ضمن افزایش عملکرد ذرت باعث کاهش مصرف کود شیمیایی نیز می‌شود. کودهای زیستی جهت بازیابی حاصلخیزی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا استفاده طولانی مدت از کودهای شیمیایی باعث تخریب خاک می‌شود (بابو و محرا، ۲۰۲۲). مواد هیومیک بقایای مواد گیاهی و جانوری تجزیه شده مانند لیگنین، تانن، سلولز و کوتین هستند (هایس و سویفت، ۲۰۲۰). اسیدهای هیومیک ملکولهای آلی هستند که نقش اساسی در بهبود خواص خاک، رشد گیاه و پارامترهای زراعی ایفا می‌کنند. منابع اسید هیومیک زغال سنگ و خاک و مواد آلی می‌باشد (آمپونگ، ۲۰۲۲).

گزارش شده است که وجود قارچ مایکوریزا در محیط ریشه گیاه ذرت تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته است که این امر می‌تواند مربوط به تولید وترشح ترکیبات تحریک کننده رشد گیاه ویا برخی هورمون‌های تنظیم کننده رشد از جمله سیتوکینین باشد که توسط قارچ مایکوریزا در خاک تولید می‌شود (ژائو و همکاران، ۲۰۱۵). کودهای زیستی مانند قارچ مایکوریزا می‌توانند جایگزین مناسبی برای تولید محصولات کشاورزی جهت حفظ سلامت انسان و محیط زیست گردند (حسن‌پور و همکاران، ۱٤۰۰). طباطبایی و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی که بر روی ذرت دانه‌ای انجام دادند به این نتیجه رسیدند که کمپوست می‌تواند جایگزین مناسبی برای تامین نیاز نیتروژن گیاه باشد. ازبین مؤلفه‌های فیزیکی وشیمیایی خاک وآب مقدار نیترات خاک، بیش‌ترین همبستگی را با تجمع نیترات گیاهی نشان می‌دهد (تابنده و شیرازی، ۱۳۹۷).

شاخص سطح برگ از طریق تاثیر در جذب تابش خورشیدی، در مقدار جذب تابش گیاهی اثر تعیین کننده‌ای دارد به طوری که در بسیاری از گیاهان با به حداکثر رسیدن سطح برگ در کانوپی، جذب تابش وبه دنبال آن تولید ماده خشک به حداکثر خواهد رسید (لیوو و همکاران، ۲۰۱۵).

سرعت رشد نسبی محصول بیان کننده سرعت افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی معین است. علت کاهش سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد را می‌توان به افزایش سن برگها(به ویژه برگ‌های پایین‌تر کانوپی)، سایه اندازی برگ‌ها روی یکدیگر و در نتیجه کاهش راندمان فتوسنتزی آنها و نیز افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی نداشته ودر نتیجه باعث افزایش هزینه‌های تنفس نگهداری گیاه می‌شود، نسبت داد (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۹٤).

محققین با بررسی تاثیر ورمی‌کمپوست بر وزن خشک بوته‌های ذرت دریافتند که بیش‌ترین وزن خشک گیاه ذرت، در تیمارهای حاوی کود ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد به دست آمد واین افزایش ماده خشک را می‌توان به عرضه مواد غذایی بیش‌تر توسط ورمی‌کمپوست مصرف شده و همچنین بهبود شرایط فیزیکی وشیمیایی خاک نسبت داد (داش و پترا، ۲۰۱۰)؛ مور و همکاران (۲۰۱۳)، گزارش کردند که استفاده از

ورمی‌کمپوست باعث افزایش شاخص سطح برگ در ذرت می‌شود. در کشورهای در حال توسعه، تولید به هر قیمتی در سیاست گذاری بخش کشاورزی آنها قرار گرفته است. این سیاست غلط باعث بروز مشکلات زیست محیطی و همچنین بروز بیماریهای نوظهور ناشی از اثرات زیانبار مصرف نیترات در غذای انسان و دام شده است. در تحقیق حاضر با به‌کارگیری تلفیقی کودهای زیستی و آلی و شیمیایی در جهت تولید محصول ذرت دانه‌ای با میزان انباشت نیترات در دانه در حد استاندارد ملی ایران و همچنین رسیدن به عملکرد قابل پذیرش توسط کشاورز است.

مواد و روش‌ها

فاکتورهای مورد آزمایش شامل عامل اصلی قارچ مایکو ریزا در دو سطح بدون کاربرد (شاهد) وبا کاربرد در کرت‌های اصلی و کود ورمیکمپوست در سه سطح صفر و ٦ و ١٢ تن در کرت‌های فرعی وکود شیمیایی نیتروژن در سه سطح صفر (شاهد)، ١٥٠ و٣٠٠ کیلوگرم در کرت‌های فرعی فرعی و در قالب بلوکهای کامل تصادفی در چهار تکرار پیاده سازی و در دوسال متوالی ٩٨-١٣٩٧پیاده سازی واجرا شد. شهرستان نهاوند با آب وهوای معتدل واقع در جنوب غربی استان همدان ودر دامنه رشته کوه گرین از سلسله رشته کوه‌های زاگرس غربی وبا عرض جغرافیایی ٣٧٩١١١٤/٣٧ متر شرقی و٢٤٣٣٩٢/٦٠ S ٣٩ و ارتفاع ١٥٠٦ از سطح دریا قرار دارد.

زمین محل اجرای طرح در اواخر پاییز شخم عمیق زده شد و تا بهار سال بعد به حال خود رها شد. در بهار پس از گاورو شدن زمین با شخم نیمه عمیق خاک نرم و با دیسک و لولر آماده اجرای نقشه طرح شد.

پس از آماده سازی زمین توسط تراکتور و ایجاد شیار به فاصله ٧٥ سانتی‌متری قطعه بندی و به ٧٢ قسمت در کرت‌های ٥ × ٤/٥ آماده اجرای طرح شد. با توجه به اینکه در٥٠ درصد کرتها از مایکوریزا استفاده شده است ازبذرهای عاری از قارچ‌کش مورد استفاده قرار گرفت. قارچ مایکوریزا تهیه شده بصورت مخلوط با خاک و به میزان ٥٥٥ کیلوگرم در هکتار وبه میزان ٥ گرم مایکوریزا مخلوط با خاک در داخل چاله‌های کشت و زیر بذر ها جهت افزایش سطح تماس قرار داده شد. کود ورمی‌کمپوست بصورت نواری برروی ردیف‌های کشت پخش شد. مجددا با پر کردن شیارهای کود با خاک پشته ها به جوی آب و جوی ها به پشته تبدیل شدند. نیتروژن مورد نیاز به صورت کود اوره همزمان با عملیات خاک دادن روی ورمی‌کمپوست در کرتها مطابق نقشه طرح به صورت نواری در کنار ردیف‌های کشت به خاک اضافه و روی آن پوشیده شد. در روی پشته‌ها به وسیله دست و کارگر ماهر در فاصله ١٢ سانتی‌متر روی ردیف یک بذر قرار داده شد. در کرت‌های دارای کود مایکوریزا بذر روی کپه مخلوط قارچ و ماسه و خاک نرم برای افزایش سطح تماس قرار داده شد. پس از کاشت در ١٨خرداد در تاریخ ٢٧ خرداد مزرعه سبز شد. عملیات حذف علف‌های هرز با استفاده از روش مکانیکی و توسط دست انجام گرفت و همزمان خاک دادن پای بوته‌ها نیز صورت گرفت. آغاز نمونه برداری ٤٥ روز پس از سبز شدن و به فاصله ١٤روز یکبار و بصورت تخریبی با برداشت سه بوته از ردیف‌های دوم هرکرت و به صورت تصادفی انجام شد. صفات مورد بررسی برای آنالیز رشد شامل: وزن خشک کل، سطح برگ و وزن خشک برگ جهت رسم منحنی شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه ذرت طی فصل رشد اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک کل، بوته بصورت کامل برداشت ودر داخل پاکت قرار داده می‌شد وپس از ٧٢ساعت در دمای ٧٥ درجه سانتیگراد در آون الکتریکی خشک شدند و با استفاده از ترازوی دقیق و دیجیتال وزن خشک آنها اندازه‌گیری و در جدول مربوطه یاداشت شد. برای اندازه گیری سطح برگ از رابطه زیر استفاده شد. (دویر و همکاران، ١٩٩٩).

سطح برگ(سانتی متر مربع)=عرض برگ(سانتی متر) × طول برگ(سانتی متر) × ٠/٧٥

برای برآورد مقادیر شاخص سطح برگ روزانه از برازش معادله زیر استفاده شد (مندنی و همکاران، ١٣٩٨):

$$LAI = a + b \times 4 \times \frac{\exp(\frac{X-c}{d})}{(1+\exp(\frac{X-a_2}{d})^2}$$

در این معادله، a، عرض از مبداء، b، زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، c، حداکثر شاخص سطح برگ d، نقطه عطف منحنی که در آن رشد شاخص سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود و x، زمان بر حسب روز پس از سبز شدن است. برای اندازه گیری اجزا عملکرد، بلال‌های سه بوته انتخابی برداشت و طول بلال، قطر بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال شمارش و اعداد حاصل از هر سه بوته پس از میانگین‌گیری در جدول یادداشت گردید. برای اندازه‌گیری وزن صد دانه تعداد سه ردیف دانه از هر سه بلال بصورت کامل جدا و پس از اختلاط، صد دانه بصورت تصادفی انتخاب و پس از خشک شدن در آون، بوسیله ترازوی دیجیتال دقیق توزین و نتایج در جدول یادداشت گردید. عملکرد دانه با استفاده از

بذرهای حاصل از یک مترمربع از کرتها (به صورت تصادفی) و پس از خشک شدن محاسبه گردید. به میزان ۵۰ گرم از بذور عملکرد هر کرت به آزمایشگاه جهت تعیین میزان نیترات ارسال شد و نتایج به همراه دیگر داده‌ها در جدول برای همگنی و تجزیه واریانس جانمایی شد.

فرمول‌های مورد استفاده در آنالیز رشد:

رابطه (۱)

$$GDD=\sum(Tmax+Tmin)/2-Tbace$$

رابطه (۲)

$$y(LAI)=\frac{LA}{GA}=a_0+a_1\times 4\times\frac{\exp(-(\frac{X-a_2}{a_3}))}{(1+\exp(-(\frac{X-a_2}{a_3}))^2}$$

رابطه (۳)

$$y(TDM)_{g.m^{-2}}=\frac{a_0+a_1}{1+\exp(-(\frac{X-a_2}{a_3}))}$$

رابطه (٤)

$$LAR=\frac{LAI}{TDW}\ (cm^{-2}.g^{-1}d^{-1})$$

رابطه (٥)

$$CGR=TDM\times RGR(g.m^{-2}.d^{-1})$$

رابطه (٦)

$$y=RGR=\frac{CGR}{TDW}\ (g.g^{-2}.d^{-1})=a_1\times\frac{\exp(-(\frac{X-a_2}{a_3}))}{a3(\exp(-(x-a2))+1)}$$

رابطه (۷)

$$NAR=\frac{CGR}{LAI}(g.m^{-2}.d^{-1})$$

که در فرمول درجه روز رشد T_{max} دمای بیشینه روزانه و T_{min} دمای کمینه روزانه و T_{bace} دمای پایه ذرت ۱۰درجه سانتیگراد می‌باشد. (ارنست و همکاران، ۲۰۱۳). در این معادلات a_3 و a_2، a_0، a_0 ضرایب معادله لجستیک شاخص رشد و X: روز پس از کاشت را نشان می‌دهد (جدول ۵ و ٦).

در آزمایشگاه برای تعیین درصد نیتروژن موجود در بذربه روش کجلدال نمونه بذر آسیاب شده، ابتدا با اسید سولفوریک و کاتالیزور هضم و سپس مقدار نیتروژن در عصاره حاصل به دست می‌آید که باضرب آن در عدد ۵/۷ اندازه‌گیری شد (برمنر و همکاران، ۱۹٦۵). درمحاسبه میزان نیترات دانه از روش محلول استاندارد نیترات و از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل GBC Cintra101 استفاده شده است.

پس از جمع‌آوری داده ها و اطمینان از نرمال بودن داده ها، نتایج با استفاده ازنرم افزار SAS,9.11، تجزیه شدند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. در رسم نمودارها وجداول از نرم افزار EXCEL2013 مورد استفاده قرار گرفت. به منظور برازش داده‌ها در خصوص شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد از نرم افزار Slide Write استفاده شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت	ذرات تشکیل دهنده خاک (درصد)			عمق نمونه برداری (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته خاک	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
	شن	رس	لای							
									میلی گرم بر کیلوگرم	
رسی لومی	۲۱	٤۰	۳۹	۰-۳۰	۰/۵۰٦	۷/۲۷	۲/۱۵	۰/۲	۳/۲	۱۷۰

جدول۲- میزان بارش ماهیانه شهرستان نهاوند (میلی‌متر).

سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع
۱۳۸۹	۲٤/۰	۸۳/۲	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۲/۲	۰/۸	۹/۵	۵۷/٤	٤٤/۸	٤٦/۸	۷۵/۱	۳٦٤/۳
۱۳۹۰	٤۸/۵	۹۲/۹	۰/۱	۱/۰	۰/۰	۰/۰	۰/٤	۱۳۱/٦	۷/۰	٤۳/٤	٤۳/٤	۲۷/۲	۳٦۱/۹
۱۳۹۱	۹۹/۷	۱۷/٤	٤/۰	۰/۸	۰/۰	۰/۰	۰/۵	٦۹/٦	۱۷/۷	۳۵/۵	۳۵/۵	۳۱/۸	۳٤۱/۱
۱۳۹۲	۳/٦	۲۹/۷	۲/۸	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	٤۰/۵	۹٦/۸	٤٤/۲	٤٤/۲	۳۷/۰	۳۳۲/۲
۱۳۹۳	٦٤/۸	٤۵/۰	۱۹/۱	۰/۰	۲/۰	۰/۰	۵۵/۷	۲۲/۱	۷۰/۳	۵٤/٦	۵٤/٦	۵۰/۹	۳۹۲/۱
۱۳۹٤	۷۷/۸	۹/۵	٤/۷	۳/٦	۱/۵	۰/۷	٦/۰	۱۷۱/۷	۷٤/۹	٤۱/۲	٤۱/۲	۲٦/۳	٤٤۸/۲
۱۳۹۵	۲۱۲/۵	۲۷/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۱/۲	۳۰/۲	۲٤/۷	۱۱۸/۷	۱۱۸/۷	۷۲/۲	۵۷۰/۲
۱۳۹٦	۱۲۰/۰	۲٤/۷	۰/۰	۷/۱	۲/۰	۰/۰	۰/۰	۲/۵	٤۰/٤	۵۹/۹	۵۹/۹	۲۹/٤	۳۳۳/۷
۱۳۹۷	٤۲/۰	۱٦۳/۷	۹/۳	۰/۰	۰/۰	۰/۳	۹/۷	۷۷/۷	۱۱۱/٦	۷۷/۸	۷٤/٤	۷۱/۱	٦۵۲/۵
۱۳۹۸	۳۲٦/۱	۱۰/۳	۰/۷	۰/۰	۱/۸	۰/۰	۱۱/٤	٤۸/۲	۷٤/۸	۳٤/۱	۳۱/۵	۱۸٦/۸	۷۲۸/۹

جدول٤- زمان نمونه برداری

اولین نمونه	دومین نمونه	سومین نمونه	چهارمین نمونه	پنجمین نمونه	برداشت
۱۳۹۷/۰٤/۲۹	۱۳۹۷/۰۵/۱۲	۱۳۹۷/۰۵/۲٦	۱۳۹۷/۰٦/۰۹	۱۳۹۷/۰٦/۲۳	۱۳۹۷/۰۷/۰٦

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ(LAI)

شاخص سطح برگ در زمان ظهور گل‌آذین نر به حداکثر خود رسید، بالارفتن شاخص سطح برگ در این زمان باعث افزایش تولید اسیمیلات و در نهایت تجمع بیش‌تر ماده خشک در گیاه می‌شود. سیر افزایش شاخص سطح برگ پس از این مرحله نزولی بوده که دلیل آن هم‌پوشانی برگها برروی همدیگر و کاهش مواد غذایی خصوصا نیتروژن و همچنین تکمیل فرایند رشد می‌باشد. در تیمار با عدم مصرف نیتروژن سیر کاهش سطح برگ بعلت انتقال مجدد و ریزش برگهایی پایینی مشهود تر است (نمودارa و b). بررسی منحنی شاخص سطح برگ نشان می‌دهد که بیش‌ترین شاخص سطح برگ درکاربرد مایکوریزا ×۱۲تن ورمی‌کمپوست ×۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن و به میزان ۷/۰۲ بدست آمده است که با روند تجمع ماده خشک در مترمربع نیز هم خوانی دارد (نمودارb). نیتروژن یکی از عوامل اساسی در کنترل بیوماس و عملکرد از طریق تأثیر برروی شاخص سطح برگ و دریافت تشعشع می‌باشد، زمانی که گیاه با کمبود نیتروژن مواجه است نسبت رشد برگ و شاخص سطح برگ کاهش پیدا می‌کند که این موضوع می‌تواند به خاطر کاهش فتوسنتز خالص و یا کافی نبودن گسترش سلولی باشد. به نظر می‌رسد نیتروژن از طریق اثر بر افزایش و سرعت تقسیم و بزرگ شدن سلول‌های برگ منجر به افزایش شاخص سطح برگ گیاه می‌شود. احتمالا" تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و توسعه بیش‌تر سیستم ریشه‌ای گیاه جهت جذب عناصر غذایی و همچنین اصلاح حاصلخیزی خاک در تیمارهای مصرف توأم کودهای زیستی و شیمیایی یا تلفیقی باعث شده است که شاخص سطح برگ در سطوح کودی تلفیقی بیش‌تر از سطوح کودی آلی و شیمیایی باشد. افزایش شاخص سطح برگ ناشی از مصرف مقادیر بیش‌تر نیتروژن در این تحقیق با نظر حق جو (۱۳۹٤)؛ کور و همکاران (۲۰۱۲)؛ پورابراهیمی و همکاران (۱۳۹۸)؛ دست بندنژاد و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد. ورمی‌کمپوست به واسطه وجود نیتروژن موجود که بصورت تدریجی در اختیار گیاه قرار می‌دهد و همچنین با بهبود ساختمان خاک زراعی که کمک به توسعه سیستم ریشه‌ای و جذب آب و مواد معدنی می‌کند و همچنین نقش مثبت هیومیک اسید باعث افزایش شاخص سطح برگ ذرت می‌شود. نتایج به دست آمده با نظرمور و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد.

روند تجمع ماده خشک (TDM)

روند تجمع ماده خشک در همه تیمارها از روند سیگموئیدی تبعیت نموده به طوری که در ابتدای رشد تجمع

ماده خشک به صورت کند و بطئی وپس از ورود گیاه به مرحله زایشی به صورت خطی افزایش یافت و در نهایت با نزدیک شدن گیاه به مرحله بلوغ روند افزایش تجمع ماده خشک کاهش یافت. بیش‌ترین میزان تجمع ماده خشک در شرایطی به دست آمد که میزان شاخص سطح برگ در بالاترین مقدار خود بود. در اوایل دوره رشد بعلت اینکه سطح برگ کم‌تری داریم و در نتیجه میزان تولید اسیمیلات نیز کم می‌باشد میزان افزایش در وزن خشک کل کم می‌باشد. با افزایش سطح برگ و همزمان با پرشدن دانه‌ها روند افزایش وزن خشک شدت بیش‌تری می‌گیرد و پس از آن روند ثابت می‌شود و آن به دلیل در سایه قرار گرفتن برگ‌های پایینی، ریزش برگ‌های پائینی، انتقال مجدد مواد در زمان پرشدگی دانه و نقش دانه‌ها به عنوان مخزن قوی است که از یک طرف افزایش وزن دانه‌ها را داریم و از طرف دیگر انتقال مجدد از اندام‌های دیگر را داریم که سیستم به ثبات نسبی می‌رسد (نمودارa و b). همانطور که از نمودارها هم مشخص است وقتی میزان نیتروژن قابل دسترس با کاربرد بیش‌تر برای گیاه فراهم می‌شود و شرایط گسترش ریشه بعلت دسترسی بیشتر مواد غذایی در مصرف ورمی‌کمپوست، همزمان با بهبود عملکرد ریشه در مصرف مایکوریزا همراه است باعث جذب عناصر غذایی و آب می‌شود. همه اینها کمک به کارخانه غذا ساز گیاه یعنی برگها می‌کنند. در نتیجه روند افزایش ماده خشک شدت بیش‌تری می‌گیرد. همزمان با کاهش میزان نیتروژن در دسترس، وزن اندام هوایی گیاه کاهش یافته در نتیجه باعث کاهش عملکرد ماده خشک کل گیاه می‌شود(رابطه ۳).

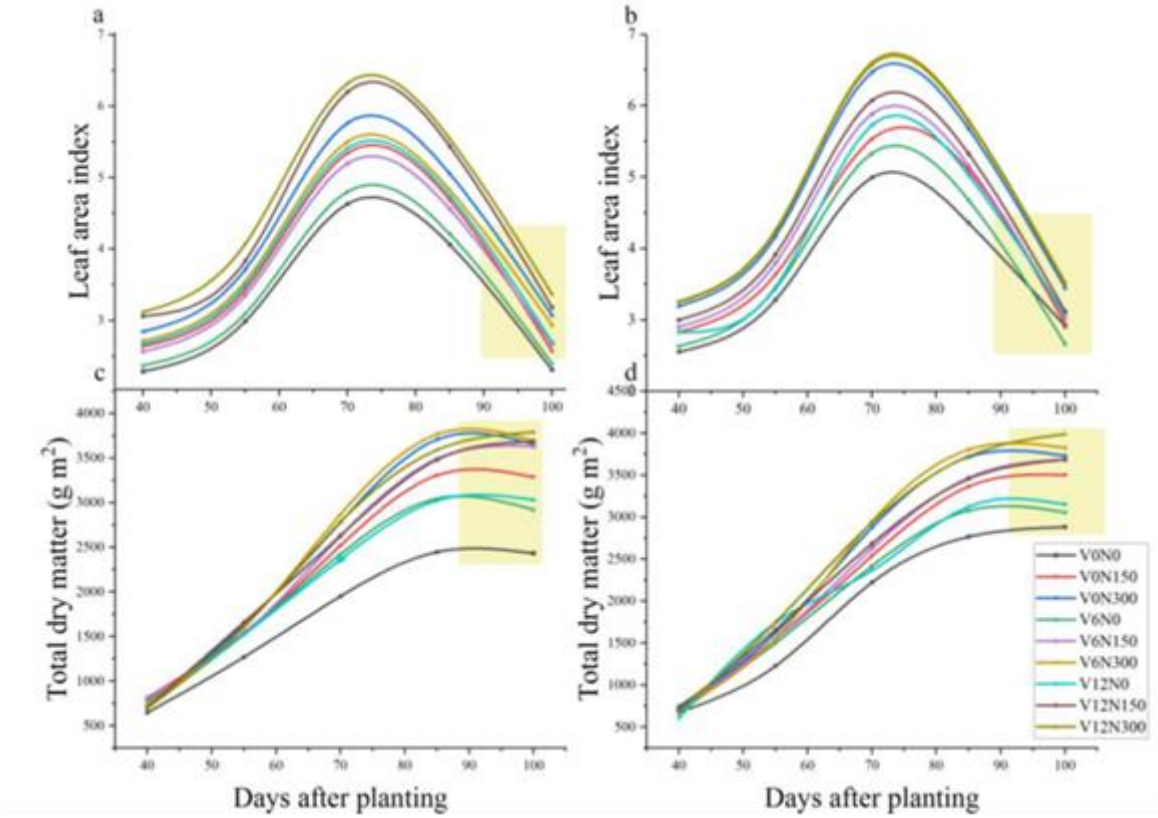
با بررسی نمودارها روند افزایش ماده خشک کل، بیش‌ترین افزایش را در تیمار مصرف مایکوریزا و ۱۲ تن ورمی‌کمپوست و۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به میزان ٤٠٠٣/٤٧ گرم بر مترمربع مشاهده می‌کنیم (نمودارd). وپس از آن با مصرف مایکوریزا وورمی‌کمپوست ٦ تن و۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و به میزان ۳۸۷۸/۲۷ گرم بر مترمربع می‌باشد(نمودارd). کم‌ترین میزان تجمع ماده خشک در تیمار بدون مصرف مایکوریزا و ورمی‌کمپوست و عدم کاربرد نیتروژن و به میزان ۲٤۷۹/۱۳ گرم بر متر مربع داشت(نمودارc). نتایج به دست آمده در این تحقیق مشخص شد که مایکوریزا باعث افزایش میزان تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود. ابوطالبیان و مالمیر (۱۳۹٦) نیز در تحقیقات خود و با استفاده از مایکوریزا به نتایج مشابهی دست یافت. افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی را افزایش می‌دهد بلکه بر وضعیت فیزیکی خاک هم مؤثر بوده و با بهبود محیط رشد ریشه سبب رشد اندام‌های هوایی و به تبع آن افزایش ماده خشک می‌شود. افزایش میزان تجمع ماده خشک در تیمارهای با مصرف ورمی‌کمپوست مشهود است.که این نتایج نیز در مشاهدات و تحقیقات داوران حق و همکاران (۱۳۹۵) نیز مشاهده گردید. با توجه به اینکه عوامل مؤثر بر رشد و تولیدات گیاه، میزان جذب نور توسط برگ ها و تبدیل آنها به ترکیبات فتوسنتزی است، افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش سرعت گسترش برگ‌ها شد که در نهایت منجر به افزایش تولید ماده خشک بیش‌تر گردید. نتایج به دست آمده با نتایج موسویان و سید محمودی (۱۳۹٤)؛ احمدی و همکاران (۱۳۹٦)؛ دست بندنژاد و همکاران (۱۳۹۹)؛ رستمی و محمودی(۱۳۹۹) مطابقت دارد.

جدول ۵- ضرایب معادله لجستیک سطح برگ LAI

	مصرف مایکوریزا									عدم مصرف مایکوریزا								
	ورمی کمپوست ۱۲ تن			ورمی کمپوست ٦ تن			ورمی کمپوست ۰ تن			ورمی کمپوست ۱۲ تن			ورمی کمپوست٦ تن			ورمی کمپوست ۰ تن		
	N_{300}	N_{150}	N_0	N_{300}	N_{150}	N_0	N_{300}	N_{150}	N_0	N_{300}	N_{150}	N_0	N_{300}	N_{150}	N_0	N_{300}	N_{150}	N_0
a_0	۳/۱۲	۲/۸۲	۲/۸۰	۳/۱۰	۲/۷۳	۲/٤٤	۳/۰٥	۲/٦٦	۲/٥۲	۲/۹۹	۲/۹٤	۲/٤۸	۲/٥۹	۲/٤۱	۲/۱۹	۲/۷۲	۲/٤۱	۲/۱۲
a_1	۳/۹۱	۳/٦٤	۳/٥۰	۳/۸۸	۳/٥٤	۳/۲٤	۳/۸۲	۳/۳۲	۲/۷٤	۳/۷۳	۳/۷۹	۳/۲۹	۳/۲٥	۳/۱۲	۲/۹۲	۳/٤۰	۳/۲۹	۲/۸۱
a_{02}	۱۳۹٦/۸۳	۱۳۹٥/۳۲	۱٤۰٥/۹٦	۱۳۹٦/٤۳	۱۳٥۹/۱۹	۱۳۹٤/۲۳	۱۳۹٦/۹۹	۱٤۰٥/۸٦	۱۳۹۷/۱۰	۱۳۹٦/۷۷	۱٤۰۱/۷۳	۱۳۹٤/۳۱	۱۳۹٦/۷۹	۱۳۹٥/۲۸	۱۳۹۳/۷۸	۱۳۹٦/۷٥	۱۳۹۳/۸۰	۱۳۹۳/۸٦
a_{03}	−۱۲۲/٥۰	−۱۲۲/۹٤	−۱۰٥/۷۱	−۱۲۲/۸۱	−۱۲۲/٤۳	−۱۲۳/۲٤	−۱۲۲/٥۹	−۱۲٤/۳۱	−۱۲۱/۸۰	−۱۲۲/۰۸	−۱۱۱/۹۹	−۱۲۳/۱۰	−۱۲۳/۰۹	−۱۲۲/۷۹	−۱۲۳/۳۱	−۱۲۲/۳۳	−۱۲۲/۲۱	−۱۲۳/۰٤
r^2	۰/۹۹۸۷	۰/۹۸۹۰	۰/۹۹۹٤	۰/۹۹۸۷	۰/۹۸۹۹	۰/۹۷٦۷	۰/۹۹۸۸	۰/۹۷۹۱	۰/۹۸۹٦	۰/۹۹۸۹	۰/۹۹٤۰	۰/۹۷٦۸	۰/۹۹۸٦	۰/۹۹۰۱	۰/۹۷٥٥	۰/۹۹۸۹	۰/۹٥٦۲	۰/۹۷٦۰

جدول ٦- ضرایب معادله لجستیک شاخص‌های TDM، RGR

	مصرف مایکوریزا									عدم مصرف مایکوریزا								
	ورمی کمپوست ۱۲ تن			ورمی کمپوست ٦ تن			ورمی کمپوست ۰ تن			ورمی کمپوست ۱۲ تن			ورمی کمپوست٦ تن			ورمی کمپوست ۰ تن		
	N_{300}	N_{150}	N_0	N_{300}	N_{150}	N_0	N_{300}	N_{150}	N_0	N_{300}	N_{150}	N_0	N_{300}	N_{150}	N_0	N_{300}	N_{150}	N_0
a_0	۳٥۳/۱۹	٤۲۱/۰۲	−۱٥۰/٦۲	٦۲٤/۹۹	٥۱۷/۹۰	٥۳۱/۹۰	٦۳٤/۷۲	٥٤٦/۰۸	٦۱۰/٥۹	٤۹۷/۹۳	۳۹۳/٤۱	٥۱٦/٤۹	٦۳۸/۹۸	٦۸٦/۲۳	٦٦۳/۰۷	٦۰۷/۳٤	۷۱٤/۷۸	٥۳۲/٦٥
a_1	۳۷۰۹/٥۷	۳۳٥۲/۰۳	۳٤٦۸/۰٥	۳۲٦٥/۷۷	۳۲٤۳/۹۲	۲٦۰٥/٤۲	۳۱۷۱/۹۸	۳۰٤۰/٥۳	۲۲۸۰/۲٥	۳۳٤۹/۷۰	۳٤۰۷/٥۷	۲٥۹٥/٤۳	۳۱٦۱/٦۸	۳۰۱۱/٤٦	۲۳٥۷/٤۹	۳۱٥۹/۷۱	۲٦٦۰/۸۳	۱۹٥۹/۸۹
a_{02}	۱۱۷۸/٦۰	۱۱۸٦/۸٥	۱۰٦۷/۸۰	۱۲۰٤/۳۸	۱۲۱٤/۸٤	۱۱۷۱/۰۲	۱۱۹۷/٥۱	۱۲۰۸/۰۸	۱۲۱۱/۷٤	۱۲۰۰/۳۱	۱۱۹۱/۹۲	۱۱٦۸/۲٤	۱۱۹۹/٥٦	۱۲۲۸/۳۲	۱۱٦٦/۳۷	۱۱۹۸/۰٤	۱۲۰٥/۳۸	۱۱٦۹/۷۹
a_{03}	۱٦۳/٤۹	۱٦۸/۳٥	۲۱٥/٥٤	۱۱٦/٤٦	۱٥۳/۱۲	۱۳٦/۰٥	۱۲٤/۳۹	۱٥۱/٤٥	۱۱۸/۰٥	۱٤٦/۱۱	۱۷۳/۳۲	۱٤٦/۱۰	۱۲۰/٤۰	۱۳٦/۳٤	۱۲۳/۳۷	۱۳۰/۲۳	۱۳۰/۲۹	۱۳۷/۱۱
r^2	۰/۹۹۹۹٦	۰/۹۹۹۱٤	۰/۹٦٥٤۱	۰/۹۹٥٥٥	۰/۹۹۸۸٤	۰/۹۸۷۱۲	۰/۹۹۳۱٥	۰/۹۹٤۸۷	۰/۹۹۹۹٥	۰/۹۹۹٦۱	۰/۹۹٥٤۸	۰/۹۸۷۰٥	۰/۹۸٤۳۹	۰/۹۹٦۷۷	۰/۹۷۱۸۱	۰/۹۸۰٥۸	۰/۹۸۳۹۳	۰/۹۸٦۸٤

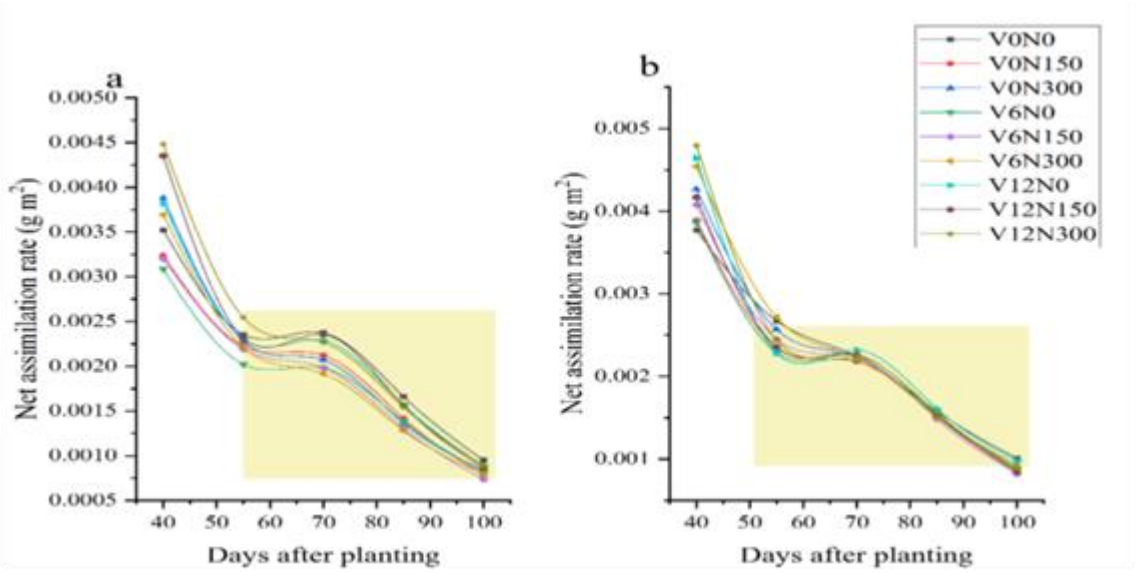


شکل ١- a; سطح برگ بدون مصرف مایکوریزا و مصرف صفر و ٦ تن و ١٢ تن ورمی‌کمپوست در سطوح صفر و ١٥٠ و٣٠٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص. b: سطح برگ مصرف مایکوریزا و مصرف صفر و ٦ تن و ١٢ تن ورمی‌کمپوست در سطوح صفر و ١٥٠ و٣٠٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص. c: سطح برگ بدون مصرف مایکوریزا و مصرف صفر و ٦ تن و ١٢ تن ورمی‌کمپوست در سطوح صفر و ١٥٠ و٣٠٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص. d: سطح برگ مصرف مایکوریزا و مصرف صفر و ٦ تن و ١٢ تن ورمی‌کمپوست در سطوح صفر و ١٥٠ و٣٠٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص.

سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR)

سرعت جذب خالص بیانگر مقدار مواد ساخته شده خالص در واحد سطح برگ در واحد زمان بر حسب گرم در مترمربع برگ در روز بوده که سرعت تجمع ماده خشک در واحد سطح برگ در زمان معین را نشان می‌دهد و در ابتدای فصل رشد زیاد است (رابطه٧). روند تغییرات NAR در همه تیمارها صرف‌نظر از مصرف متفاوت کودی مشابه می‌باشد به طوری که روند کلی نمودارها بصورت کاهشی می‌باشد. اما روند نمودارها منطبق بر اتفاقات پیرامون افزایش شاخص سطح برگ وتنفس گیاه تغییر نموده است، به این ترتیب که از شروع جوانه‌زنی و تا کمی قبل از آغاز فاز زایشی به دلیل عدم رقابت درون بوته‌ای و بین‌بوته‌ای در گیاه روند جذب خالص افزایشی می‌باشد و پس از آن روند کاهشی است. در زمان کاکل دهی به علت انتقال مواد فتوسنتزی به سمت افزایش رشد کاکل و نیز سایه اندازی آن آهنگ جذب خالص سرعت کاهشی بیش‌تری به خود می‌گیرد وپس از آن شدت روند کاهشی جذب خالص کمتر می‌شود و در انتهای رشد به علت افزایش تنفس بیش‌تر به شدت افت پیدا می‌کند. این امر به خاطر این است که در اوایل رشد، کل جثه بوته را برگ‌ها تشکیل می‌دهند و اغلب برگها (بدون مانع سایه‌اندازی سایر برگها و حتی ساقه) در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند که موجب می‌شود میزان NAR (آسیمیلاسیون خالص) در بالاترین سطح خود باشد، اما همزمان با رشد گیاه وافزایش LAI، برگ های بیش‌تری در سایه قرار می‌گیرند واین امر باعث کاهش NAR در طول فصل زراعی می‌گردد (شکل ٢). بیش‌ترین مقدار جذب خالص کلیه کرتها وکمی قبل از آغاز فرایند زایشی با عدم مصرف مایکوریزا وورمی‌کمپوست ١٢ تن ونیتروژن ٣٠٠ کیلوگرم به دست آمد (نمودار a). که این نتایج با نتایج باقری و همکاران (١٣٩١)؛ صفی خانی و همکاران (١٣٩٣) مطابقت دارد. با توجه به اینکه نیتروژن در ابتدای فصل رشد بصورت کامل در اختیار گیاه قرار دارد در تیمار نیتروژن ٣٠٠

کیلوگرمی باعث توسعه هر چه بیش‌تر شاخص سطح برگ نموده است در نتیجه سرعت رشد محصول به همان نسبت به علت سایه اندازی برگ¬ها و تنفس رشد نکرده و یا ثابت بوده است در نتیجه با توجه به فرمول میزان جذب خالص کاهش یافته است، در نتیجه جذب خالص در کرت با مصرف متوازن کود نیتروژن که هم باعث توسعه سطح برگ و هم به موازات آن افزایش جذب خالص می‌شود بیش‌ترین اثر مثبت را بر این شاخص گذاشته است. در تیمار تلقیح مایکوریزا هم با توجه به استفاده از نیتروژن تولیدی در ابتدا برای تکثیر وگسترش سیستم هیف¬های قارچ مورد استفاده قرار گرفته است. در میزان ماکزیمم جذب خالص از بدون تلقیح مقدار کم‌تری را نشان می‌دهد ولی در کل و عملکرد دانه ثبت شده وکیفیت دانه برتری با تیمار تلقیح شده با قارچ مایکوریزا می‌باشد. روند تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف نیتروژن نزولی است زیرا با افزایش سن برگ از فتوسنتز آن نیز کاسته می‌شود که این امر به نوبه خود موجب کاهش سرعت جذب خالص خواهد شد (یاواس و اونای، ٢٠١٦). به نظر می‌رسد که سرعت جذب خالص تحت تأثیر عوامل بسیار زیادی قرار دارد که عملا اندازه گیری آنها پیچیده بوده و به سادگی قابل تشخیص نیست. به همین دلیل، نتایج بسیاری از پژوهشگران در مورد جذب و تحلیل خالص با یکدیگر تفاوت دارد (طریق الاسلامی و همکاران، ١٣٩١).



شکل ٢- a-NAR بدون مصرف مایکوریزا و مصرف صفر، ٦ تن و ١٢ تن ورمی‌کمپوست در سطوح صفر و ١٥٠ و٣٠٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص. b-NAR با مصرف مایکوریزا و مصرف صفر، ٦ تن و ١٢ تن ورمی‌کمپوست در سطوح صفر و ١٥٠ و٣٠٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص.

عملکرد دانه در واحد سطح(تن در هکتار)

نتیجه حاصل از تجزیه مرکب داده ها نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست و نیتروژن در سطح یک درصد برروی عملکرد دانه در هکتار معنی دار شده است (جدول-٧). براساس جدول مقایسه میانگین در مصرف ورمی‌کمپوست بیش‌ترین عملکرد دانه به میزان ١٤/١٢ تن در کاربرد ٦ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به دست آمده است. در رده دوم این گروه ١٤/١١ تن در مصرف ١٢ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد (جدول ٨). براساس جدول مقایسه میانگین در مصرف نیتروژن بیش‌ترین عملکرد دانه به میزان ١٦/٢٢ تن در کاربرد ٣٠٠کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمده است. کم‌ترین میزان عملکرد در عدم مصرف نیتروژن به میزان ١٠/٩٥ تن در هکتار به دست آمد (جدول ٧). ورمی‌کمپوست از طریق بهبود ساختمان خاک، خصوصیات فیزیکی وشیمیایی و زیستی خاک باعث بهبود شرایط رشد گیاه و درنتیجه از طریق افزایش در تعداد دانه در ردیف بلال و ردیف دانه در بلال و وزن صد دانه باعث افزایش عملکرد دانه در ذرت می‌شود. نتایج به دست آمده با نظر داوران حق وهمکاران (١٣٩٥)؛ نمازی و همکاران (٢٠١٥)؛ یاداو و همکاران (٢٠١٦) مطابقت داشت. نیتروژن از طریق افزایش سرعت رشد گیاه بر تعداد دانه تولیدی در بلال مؤثر بوده و همچنین موجب فراهمی

مواد پرورده برای بلال از طریق کاهش رقابت دانه ها برای عناصر غذایی و از طریق افزایش تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد ردیف دانه در بلال و وزن صد دانه و افزایش در میزان CGR باعث افزایش عملکرد در واحد سطح می‌شوند. نتایج به دست آمده با نتایج ماهبوبول آلم و همکاران (۲۰۱۵)؛ موسوی و ذاکر نژاد (۱۳۹۹) و رسول و همکاران (۱۴۰۰) مطابقت داشت.

جدول ۷- تجزیه واریانس عملکرد دانه و میزان انباشت نیترات دانه در برهم‌کنش مایکوریزا ×ورمی‌کمپوست× نیتروژن

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)	
		عملکردکل دانه	نیترات
سال	۱	۴۰/۴۶ ns	۱۱۶/۵۷ ns
تکرار (سال)	۶	۳/۰۲	۲۴/۰۵
مایکوریزا(M)	۱	۳۹/۰۵ ns	۱۱۰/۱۸ ns
سال × مایکوریزا	۱	۹/۳۷ ns	۱۰۷۳/۹۸ ns
خطای الف	۶	۰/۴۳	۱۸/۹۰
ورمی کمپوست(V)	۲	۴۱/۰۷ **	۸۶/۷۲ ns
مایکوریزا × ورمی کمپوست	۲	۱/۱۳ ns	۱۵۶۰/۴۷ ns
سال × ورمی کمپوست	۲	۰/۰۹ ns	۲۹۱/۰۸ ns
سال × مایکوریزا × ورمی کمپوست	۲	۲/۳۴ ns	۱۰۳۲/۸۹ ns
خطای ب	۲۴	۱/۴۷	۲۱/۲۱
نیتروژن(N)	۲	۳۳۴/۱۵ **	۱۶۵۲۰۶/۵۸ *
مایکوریزا × نیتروژن	۲	۱/۱۳ ns	۱۴۵/۱۹ ns
ورمی کمپوست × نیتروژن	۴	۰/۴۷ ns	۷۰۱/۹۸ ns
سال × نیتروژن	۲	۰/۹۱ ns	۴۴۲۱/۵۱ ns
سال × مایکوریزا × نیتروژن	۲	۱/۴۹ ns	۸۴۱/۳۴ ns
سال × ورمی کمپوست × نیتروژن	۴	۰/۹۳ ns	۵۵۲/۵۲ ns
مایکوریزا × ورمی کمپوست × نیتروژن	۴	۱/۷۰ ns	۱۰۶۳/۷۵ ns
سال × مایکوریزا × ورمی کمپوست × نیتروژن	۴	۱/۶۳ ns	۱۰۲۲/۳۳ **
خطای ج	۷۲	۲/۵۵	۲۱/۲۸
ضریب تغییرات		۱۱/۷۶	۷/۹۶

*، ** وnsبه ترتیب معنی‌دار بودن در سطوح پنج، یک درصد وعدم معنی‌داری را نشان می‌دهند.

عملکرد نهایی ذرت بستگی به نمو فنولوژیک موفقیت‌آمیز گل‌ها، باروری آن‌ها، تکوین رویان و تجمع نشاسته و پروتئین در دانه دارد که هر یک از این فرایندها، نیازمند عرضه مستمر مواد پرورده دارد. به نظر می‌رسد که کود تلفیقی، با تامین به موقع ومتوازن عناصر غذایی، قابلیت دسترسی به عناصر پرمصرف توسط گیاه را افزایش می‌دهد وبا بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای 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 عملکرد شود. بر اساس نتایج به دست آمده هرچند برهم‌کنش اثر مایکوریزا در ورمی‌کمپوست در نیتروژن معنی دار نشده است. ولی عملکرد به دست آمده به میزان ۱۷/۸۹ تن در هکتار، در برهم‌کنش مصرف مایکوریزا در ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، از عملکرد بالاترین سطح کودی هر کدام از کودها هم بالاتر است. نتایج با نظر عیدی‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر ورمی کمپوست بر روی عملکرد کل دانه ذرت

ورمی کمپوست	عملکردکل (تن)
۰تن	۱۲/۵۱^{b}
٦تن	۱٤/۱۲^{a}
۱۲تن	۱٤/۱۱^{a}

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر روی عملکرد کل دانه ذرت

نیتروژن	عملکردکل (تن)
۰کیلوگرم	۱۰/۹۵^{c}
۱۵۰کیلوگرم	۱۳/۵۷^{b}
۳۰۰کیلوگرم	۱٦/۲۲^{a}

میزان انباشت نیترات موجود در وزن خشک دانه (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک دانه)

نتیجه حاصل از تجزیه مرکب داده ها نشان داد که اثر نیتروژن در سطح پنج درصد و بر هم‌کنش اثر سال در مایکوریزا در ورمی‌کمپوست در نیتروژن در سطح یک درصد معنی دار شده است (جدول ۷).

مقایسه میانگین داده ها نشان داد که در برهم‌کنش اثر سال در مایکوریزا در ورمی‌کمپوست در نیتروژن بیش‌ترین مقدار نیترات تجمعی در دانه در سال اول و عدم مصرف مایکوریزا و ورمی کمپوست و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و به میزان ۱٥٤/۱۲ میلی گرم در کیلوگرم دانه به دست آمد. که خود به تنهایی در یک گروه قرار گرفته است. در رده دوم سال اول، عدم مصرف مایکوریزا، عدم مصرف ورمی‌کمپوست و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن قرار دارد. با میزان نیترات انباشت شده ۱۳۹/٤۲ میلی‌گرم در کیلوگرم دانه که بسیار بیشتر از حد مجاز می‌باشد. کم‌ترین مقدار نیترات تجمعی درگروه آخر و به ترتیب از کم‌ترین به بیش‌ترین در سال اول و عدم مصرف مایکوریزا و ورمی کمپوست و نیتروژن به میزان ۰/۹٦ میلی گرم در کیلوگرم دانه و سال اول و مصرف مایکوریزا و عدم مصرف ورمی‌کمپوست و نیتروژن و سال دوم و عدم مصرف مایکوریزا و ورمی‌کمپوست و نیتروژن و سال اول و مصرف مایکوریزا و ورمی‌کمپوست ٦ تن و عدم مصرف نیتروژن و سال دوم و مصرف مایکوریزا و عدم مصرف ورمی‌کمپوست و نیتروژن و سال اول و عدم مصرف مایکوریزا و ورمی‌کمپوست ٦ تن و عدم مصرف نیتروژن و سال اول و مصرف مایکوریزا و ورمی‌کمپوست ۱۲ تن و عدم مصرف نیتروژن به دست آمد. میزان استاندارد وجود نیترات در ذرت ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم دانه می‌باشد(استاندارد ملی ایران، ۱۳۹۲). بنابراین به خوبی روشن است که در میزان‌های بالا و لوکس نیتروژن، امکان احیاء همه آن و تبدیل به نیترات و استفاده در سوخت و ساز گیاه مقدور نیست، بنابراین بخش اعظمی از آن به شکل کانی در درون گیاه انباشته شده است (جدول ۱۰). نتایج به دست آمده با تحقیقات صمدی‌هشتجین و همکاران (۱۳۹۵) و رستمی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد.

نتیجه گیری

با توجه به هدف کلی تحقیق، استاندارد سازی تولید دانه بر مبنای حداقلی میزان انباشت نیترات وتا حد مجاز، بهترین ترکیب کودی که توصیه هم می‌شود در مصرف مایکوریزا و ٦ تن ورمی‌کمپوست و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد. در این ترکیب کودی میزان انباشت نیترات ۲٦/٤۰ میلی‌گرم در کیلوگرم دانه و عملکرد ۱۹/۳۱ تن در هکتار را داشت. اگر چه در این ترکیب کودی نسبت به ترکیب کودی کامل و با مصرف مایکوریزا و ۱۲ تن ورمی‌کمپوست و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن ۲۸درصد کاهش عملکرد داشتیم ولی به واسطه مدیریت مصرف کود میزان انباشت نیترات تا ۸۰ درصد کاهش داشت که هدف اولیه تحقیق هم رسیدن به این مهم بود.

جدول ۱۰: مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در برهم‌کنش اثر سال × مایکوریزا× ورمی کمپوست × نیتروژن

سال	مایکوریزا	ورمی‌کمپوست	نیتروژن	نیترات (میلی گرم در کیلوگرم دانه)
۱۳۹۷	عدم کاربرد	۰ تن	۰ کیلوگرم	۰/۹۶^{o}
			۱۵۰ کیلوگرم	۵۰/۵۶^{i}
			۳۰۰ کیلوگرم	۱۳۹/۴۲^{b}
		۶ تن	۰ کیلوگرم	۴/۶۹^{no}
			۱۵۰ کیلوگرم	۳۴/۶۲^{j}
			۳۰۰ کیلوگرم	۱۲۵/۴۰^{d}
		۱۲ تن	۰ کیلوگرم	۷/۷۶^{mn}
			۱۵۰ کیلوگرم	۳۵/۵۰^{j}
			۳۰۰ کیلوگرم	۱۳۱/۴۳^{cd}
	کاربرد	۰ تن	۰ کیلوگرم	۱/۰۱^{o}
			۱۵۰ کیلوگرم	۳۴/۷۷^{j}
			۳۰۰ کیلوگرم	۱۳۴/۸۰^{bc}
		۶ تن	۰ کیلوگرم	۲/۲۶^{no}
			۱۵۰ کیلوگرم	۲۶/۴۰^{k}
			۳۰۰ کیلوگرم	۱۳۰/۲۷^{cd}
		۱۲ تن	۰ کیلوگرم	۴/۹۲^{no}
			۱۵۰ کیلوگرم	۳۱/۶۰^{jk}
			۳۰۰ کیلوگرم	۱۳۰/۹۲^{cd}
۱۳۹۸	عدم کاربرد	۰ تن	۰ کیلوگرم	۱/۱۴^{o}
			۱۵۰ کیلوگرم	۳۳/۴۰^{j}
			۳۰۰ کیلوگرم	۱۵۴/۱۲^{a}
		۶ تن	۰ کیلوگرم	۱۳/۰۹^{lm}
			۱۵۰ کیلوگرم	۴۷/۲۹^{i}
			۳۰۰ کیلوگرم	۱۰۷/۰۹^{e}
		۱۲ تن	۰ کیلوگرم	۱۶/۶۳^{l}
			۱۵۰ کیلوگرم	۴۷/۴۴^{i}
			۳۰۰ کیلوگرم	۷۷/۱۷^{g}
	کاربرد	۰ تن	۰ کیلوگرم	۴/۳۵^{no}
			۱۵۰ کیلوگرم	۴۸/۷۶^{i}
			۳۰۰ کیلوگرم	۹۶/۵۷^{f}
		۶ تن	۰ کیلوگرم	۱۴/۲۴^{lm}
			۱۵۰ کیلوگرم	۶۶/۸۴^{h}
			۳۰۰ کیلوگرم	۱۰۵/۶۴^{e}
		۱۲ تن	۰ کیلوگرم	۱۶/۷۰^{l}
			۱۵۰ کیلوگرم	۷۵/۰۴^{g}
			۳۰۰ کیلوگرم	۱۳۴/۱۶^{bc}

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند از نظر آماری تفاوت معنی داری ندارند (LSD)

منابع

ابوطالبیان، م. ع و م.مالمیر. ۱۳۹۶ .تأثیر کاربرد مایکوریزا و برادی‌ریزوبیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در مقادیر مختلف کود نیتروژن. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۸ (۴): ۹۰۱-۹۱۱.

احمدی، م. مندنی، ف. خرمی وفا، م. محمدی، غ. ش، شیرخانی.۱۳۹۶. اثر نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع و شاخص‌های رشد ارقام مختلف ذرت (*Zea mays* L). تحت شرایط کرمانشاه، نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۱۵ (۴۸):۸۸۵-۹۰۰ .

باقری، ر. غ. اکبری، م. ه. کیانمهرو، ز و ز. طهماسبی سروستانی.۱۳۹۱.تأثیر کود نیتروژن پلیت شده بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در ذرت 704. مجله علوم زراعی ایران. ۸ (۲۷):۵-۳۸.

پاک نژاد، ف. وازان، س. گلزردی، ع. د و س. د. حبیب. ۱۳۸۸. همبستگی، رگرسیون و مسیر تجزیه و تحلیل عملکرد و اجزای عملکرد هیبرید ذرت SC 704 تحت آبیاری های مختلف رژیم ها و رویه ها مجله کشت زراعی ایران. ۵ (۲):۹۷-۱۱۵.

پالاش، م. بافکر، ع. فرهادی بانسوله، ب و م. قبادی. ۱۳۹۹. اثرات کسری آبیاری، کمّیت، ویژگی‌های کیفی و بهره‌وری آب در ذرت دانه‌ای(*KSC 706*) در کرمانشاه. فن‌آوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب. ۱ (۱): ۸۸-۶۸.

پورابراهیمی، م. سیروس مهر، ع. عشقی زاده، ح. اصغری پور، م. ع. خمری. ۱۳۹۸.اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد ورنگریزه‌های فتوسنتزی هیبریدهای دیررس، میان‌رس وزودرس ذرت (*Zea mays* L.) .فرآیند و کارکرد گیاهی. ۸ (۳۰):۵۳-۶۹.

حسن پور، ب. کشاورز، ک. م. ر. چاکرالحسینی. ۱۴۰۰. بررسی اقتصادی اثر بخشی کود زیستی بر عملکرد و سودآوری در ذرت کاری‌ها. اقتصاد کشاورزی . ۲۵ (۴): ۲۳-۴۴.

حق‌جو، م و ع. بحرانی. ۱۳۹۴. تغییرات عملکرد ذرت سینگل کراس ۲۶۰در رژیمهای مختلف آبی و کود نیتروژن با استفاده از شاخص‌های رشد. نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹ (۲): ۲۵-۳۴

داوران‌حق، ا. میرشکاری، ب. اردکانی، م. فرحوش، ف و ف. رجالی. ۱۳۹۵. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ذرت(*Zea mays* L.) تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست، باکتری تیوباسیلوس و محلولپاشی آهن و روی. نشریه بوم شناسی کشاورزی.۸(۳):۳۵۹-۳۷۲.

دست‌بندان‌نژاد، ش. علوی فاضل، م. مجدم، م. لک، ش. ع. شکوه‌فر. ۱۳۹۹. واکنش ذرت سینگل کراس 704 به مصرف کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و الگوهای مختلف کشت در شرایط تنش خشکی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی.۱۲(۴۱):۱-۱۷.

رستمی، آ و خ. محمدی. ۱۳۹۹. تاثیر کودهای نیتروژن و ازتوباکتر بر عملکرد و راندمان مصرف نیتروژن در ذرت سینگل کراس مراکشی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی.۱۲(۴۰): ۲۰۰-۲۱۰.

رستمی، م و ع. احمدی.۱۳۹۳. بررسی تأثیر نوع و دفعات کاربرد کودهای نیتروژنه بر عملکرد و درصد نیتروژن دانه دو رقم ذرت.نشریه زراعت. ۲۷(۱۰۴): ۴۰-۴۶.

زاهدی، ح. و س. ا. اسماعیل‌پورنیازی. ۱۳۹۶.اثرات کاربرد و روش مصرف کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. نشریه پژوهشهای کاربردی زراعی. ۳۰(۴):۱-۱۲.

سلطانی، ح. قنبری، ع. راستگو، م و ق. ع. اسدی. ۱۳۹۶. تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بر شاخص‌های رشد گونه‌ها و عملکرد در مزرعه سویا. نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی) .۳۱ (۳):۳۹۶-۴۰۸.

عبدلی، م.۱۳۹۸.بررسی روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ذرت (*Zea mays* L.) در تاریخ‌های کشت متفاوت در شرایط آب و هوایی ورامین. فصلنامه علمی پژوهشی دانش زیستی ایران. ۱۴(۱): ۳۵-۵۳.

عیدی زاده، خ. مهدوی‌دامغانی، ع. م. صباحی، ح و س. صوفی زاده. ۱۳۸۹. اثرات کاربرد کود بیولوژیک در ترکیب با کود شیمیایی بر رشد ذرت (*Zea mays* L.) در شوشتر، مجله بوم شناسی کشاورزی. ۲ (۲): ۲۹۲-۳۰۱.

عیدی زاده، خ. مهدوی دامغانی، ع. ابراهیم پور، و و ح. صباحی.۱۳۹۰.اثرات مقدار و روش کاربرد کودهای زیستی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی.۴(۳):۲۱-۳۵.

کرمی، پ. مندنی، ف و ر. قبادی.۱۴۰۰. ارزیابی شاخص‌های رشد، کارایی جذب و مصرف نور ارقام ذرت (*Zea mays* L.) در رزیم‌های مختلف آبیاری در منطقه کرمانشاه، نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی.۳۴(۱):۱۷-۳۸.

کریم زاده سورشجانی، ح. نظامی، ع. کافی، م و م. ر. تدین. ۱۳۹۷. ارزیابی کارائی جذب نور و شاخص‌های رشد لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) شرایط کم آبیاری ژنوتیپ‌های مختلف. مجله تحقیقات محصولات زراعی ایران. ۱۶(۳): ۵۴۰-۵۲۵.

مرادی، م. سلیمانی فرد، ع. ناصری، ر. قاسمی، م و ک. آبرومن. ۱۳۹٤.تغییرات صفات زراعی و شاخص‌های برداشت گندم تحت اثر کود دامی و باکتریهای افزاینده رشد در سطوح مختلف نیتروژن. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۷(۲۸): ۷۳-۹۰.

مندنی، ف. خانی، ک. جلالی‌هنرمند، س و م. سعیدی. ۱۳۹۹. ارزیابی اثرات ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه بر کارایی استفاده از تابش و عملکرد سویا (*Glycine max*) در شرایط تنش کمبود آب. مدیریت آب کشاورزی. ۲۱۳: ۷۱۳-۷۰۷.

موسوی‌مؤید، ف. چراغی، م. ب. لرستانی. ۱۳۹۵.بررسی میزان تجمع نیترات و فسفات در پیاز مصرفی بازار شهر همدان.۱۳۹۵. مجله دانشکده علوم پزشکی نیشابور. ٤: ۸۹-۸۲.

موسوی، سجاد و س. ذاکرنژاد. ۱۳۹۹. اثر مدیریت نیتروژن بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت دانه‌ای(*Zea mays* L.). نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز. ۱۲(٤٥): ۱۱۱-۹۱.

Ampong, K., Thilakaranthna, M.S. and Gorim, L.Y., 2022. Understanding the Role of Humic Acids on Crop Performance and Soil Health. Frontiers in Agronomy, 4:848621. https://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621

Babu, D.N., and Mehera, B., 2022. Influence of Iron and Bio-Fertilizer on Growth Parameters and Yield of Baby Corn (*Zea mays* L.) Prayagraj Condition. International Journal of Environment and Climate Change, 12(10): 830-836.

Bremner, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In C.A. Black, D.D. Evans, J.L. White, E. Ensminger, and F.E. Clark, Eds. Methods of Soils Analysis. Part 2. Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 1179–1237.

Dash, M. C. and U. C. Petra. 2010. Vermicompost production and nitrogen contribution to soil by a tropical earthworm population from a grassland site in Orissa India. J. Ecological and Biological Soil. 16: 79–83.

Dwyer, L. M., Stewart, D. W., Carrigna, L., Ma, B. L., Neave., P.,1999. Guidelines for comparisons among different corn-maturity rating systems. Agronomy Journal. 91:122-131.

Ernest, E. D.and M. Rinaldi. 2013. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crops Res. 105: 202-210.

Hasanuzzaman, M., Ahamed, K. U., Rahmatullah, N. M., Akhter, N., Nahar, K., and M. L. Rahman. 2010. Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. Emirates J. Food and Agriculture. 22: 46-58.

Hayes, M.H.B. and Swift, R.S., 2020. Vindication of humic substances as a key component of organic matter in soil and water. Adv. Agron. 163, 1–37. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.05.01

Kalhapure, A., Shete, B. and M. Dhonde.2013. International J. Agriculture and Food Sci Tec. 4(3): 195-206.

Kaur, A.,S. Bedi, G. K. Gill and M. Kumar. 2012. Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, Crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L.) genotypes. Maydica electronic publication. 57: 75-82.

Liu, R and R, Lil. 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of the total environment. 514: 131-139.

Mahbubl Alam, M.,M. A Maninul Basher. A, Karim and M. Rafiquel Islam. 2015. Effect of nitrogen fertilizer and population density on the Yield and Yield attributes of maize(*Zea mays* L). Pakistan J. Biological Sci. 6(20):1770-1773.

More, S., S. Deshmukh., P. Shinde and V. Deshmukh. 2013. Effect of integrated nitrogen management with vermiwash in corn (*Zea mays* L.) on growth and yield. African J. Agricultural Res. 8(38):4761-4765.

Namazi, E., S. Lak and E. Fathinejad. 2015. Effect of vermicompost and chemical nitrogen fertilizer application on the various functioning of Maize seeds. J. Exp. Biology and Agricultural Sci. 3(3): 261-268.

Singh, M. D., Chirag, G., P.O. Prakash., M. H. Mohan., G. Prakasha and V. Wajith. 2017. Nano fertilizers is a new way to increase nutrients use efficiency in crop production. International J. Agriculture Sci. 9 (7): 3831-3833.

Subramanian, K . S., A.Manikandan., M. Thirunavukkarasu and C. S. Rahle. 2015. Nano-fertiliaers for balanced crop nutration. Nanotechnologies in Food and Agricultur. 69-80.

Talip, O. S. and Villaver, J. P. (2022). Yield and post-harvest quality of sweet corn (*Zea mays* L. var. saccharata) to vermicompost and fermented weed teas application. International Journal of Agricultural Technology 18(5):2283-2292.

Zhao, R., W. Guo., N. Bi., J. Guo and J. Zhang. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi affect the growth, nutrient uptake and water status of maize grown in two types of coal mine spoils under drought stress. Applied Soil Ecology. 88: 41–49**.**

Evaluation of growth indices, yield and quality of Simon grain corn under the influence of biological, organic and chemical fertilizers to achieve healthy food production

S. Dahpahlavan[۱], A. Farnia[۲], M. Jafarzadeh Kenarsari[2], Sh. Nakhjavan[۳]

Received: 2022-04-26 Accepted: 2023-02-01

Abstract

These days, the application of organic and biological fertilizers to optimize the use of chemical fertilizers as well as improve crop quality and maintain soil fertility in sustainable agricultural systems, has gained special significance. A split-split-plot experiment was carried out in a randomized complete block design with 4 replications and two consecutive years in 2018-19, to investigate the effect of combined application of biological, organic, and chemical fertilizers on yield and quality of single-cross Simon corn grain. Nitrogen treatment was used in three levels of zero, 150 and 300 kg/ha or by using 46% urea fertilizer and vermicompost treatment was used in three levels of 0, 6 and 12 tons per hectare and mycorrhiza treatment was considered in two levels of application and non-application. The study of growth logistics indices showed that Muse V12ton/hecN300kg/hec it has been superior to other levels in terms of indicators TDM, LAI and NAR. The results showed that, in the interaction effect of mycorrhiza × vermicompost 6 tons × 150 kg N, grain yield of 14.36 t / ha and grain nitrate accumulation reached 46.62 mg/kg grain weight which is the most desirable fertilizer composition based on the purpose of the research**.**

Keywords: Maize, growth indices, quality, mycorrhiza, nitrogen, vermicompost

1- PhD Student, Department of Agronomy, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Boroujerd, Iran.
2- Department of Agronomy, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Boroujerd, Iran.
3- Department of Plant Breeding, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Boroujerd, Iran.