

Assessment of Quinoa Yield Response to Sugarcane Residue Compost and *Trichoderma asperelloides* and *Bacillus subtilis* Inoculation

Ahmad Shomeisi¹, Aydin Khodaei Joghani^{*2}, Amin Lotfi Jalalabad³, Mohammad Hossein Gharineh⁴

Received: 28 October 2021 Accepted: 27 January 2022

1- MSc. graduated of Agroecology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.

2- Assist. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics Engineering, Agriculture Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

2- Assist. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics Engineering, Agriculture Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

3- Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics Engineering, Agriculture faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

*Corresponding Author Email: a.khodaei@asnrukh.ac.ir

Abstract

Background and objectives: The application of organic and biological fertilizers is important to reduce chemical fertilizers usage and environmental pollution in sustainable agroecosystems. Therefore, this study aimed to investigate the effect of Sugarcane residue compost, *Trichoderma* Fungi and *Bacillus* bacteria inoculation on some agronomic characteristics and quinoa yield, which is valuable in terms of nutritional value and tolerance to adverse environmental conditions.

Materials and Methods: The experiment was conducted as factorial arrangements in randomized complete block design with three replications in Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan during 2019-2020 growing season. Experimental factors included the amount of sugarcane residue compost at five levels (zero, 10, 20, 30 and 40 t.ha⁻¹) and biofertilizer at three levels (no inoculation, *Trichoderma asperelloides* and *Bacillus subtilis* inoculation). Studied traits included plant height, panicle height, number of sub-branches, number of leaves in plant, stem diameter, spad value, grain number in panicle, grain thousand weight, biological yield, grain yield and harvest index.

Results: The main effect of biofertilizer and sugarcane compost was significant in all studied traits, while the interaction of experimental factors was not significant in any of the traits. The highest biological yield (5152 kg.ha⁻¹) was obtained from *Trichoderma* inoculation treatment and the lowest (4234 kg.ha⁻¹) from non-inoculation treatment. With the increase in sugarcane compost consumption, the biological yield of quinoa increased up to 30 t.ha⁻¹ and then decreased. Based on this, the highest biological yield (5053 kg.ha⁻¹) was obtained from the treatment of 30 t.ha⁻¹. The highest grain yield (1908 kg.ha⁻¹) was related to *Trichoderma* treatment. Inoculation of *Trichoderma* and *Bacillus* increased grain yield by 27% and 19% compared to no inoculation. Maximum grain yield was obtained from treatments 20 and 30 t.ha⁻¹, respectively.

Conclusion: Considering that the best treatments of this experiment in most traits were 20 and 30 tons of sugarcane residue compost per hectare, to reduce the cost, it is recommended to use 20 tons of this organic fertilizer to achieve maximum quinoa grain yield. Inoculation of *Trichoderma* and *Bacillus* bacteria, especially *Trichoderma*, is also recommended to improve the growth and yield of quinoa.

Keywords: Biofertilizer, Crop, Harvest Index, Grain Yield, Organic Fertilizer

ارزیابی واکنش عملکرد کینوا به کمپوست بقایای نیشکر و تلقیح قارچ *Trichoderma asperelloides* و باکتری *Bacillus subtilis*

احمد شمیسی^۱، آیدین خدایی جوقان*^۲، امین لطفی جلال آباد^۳، محمد حسین قرینه^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۷

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
 ۲- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
 ۳- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
 *نویسنده مسئول: Email: a.khodaei@asnruk.ac.ir

چکیده

اهداف: کاربرد کودهای آلی و زیستی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی‌های زیست محیطی در بوم نظام‌های پایدار زراعی دارای اهمیت می‌باشد. بدین جهت بررسی تأثیر کمپوست بقایای نیشکر، تلقیح قارچ *Trichoderma asperelloides* و باکتری *Bacillus subtilis* بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد کینوا که از نظر ارزش غذایی و تحمل شرایط نامناسب محیطی دارای ارزش است، هدف این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ اجرا گردید. عوامل آزمایشی شامل مقدار مصرف کمپوست بقایای نیشکر در پنج سطح صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار و کود زیستی در سه سطح عدم تلقیح، تلقیح *Trichoderma asperelloides* و تلقیح *Bacillus subtilis* بود. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، ارتفاع پانیکول، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ در بوته، قطر ساقه، شاخص سبزیگی، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود.

یافته‌ها: اثرات ساده کاربرد کود زیستی و کمپوست بقایای نیشکر بر اکثر صفات مورد بررسی معنی‌دار گردید، در حالی که اثر متقابل عوامل آزمایشی بر هیچ یک از صفات معنی‌دار نشد. بیشترین عملکرد بیولوژیک از تیمار تلقیح قارچ *Trichoderma asperelloides* به مقدار ۵۱۵۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن از تیمار عدم تلقیح به میزان ۴۲۳۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. با افزایش مصرف کمپوست نیشکر از صفر به ۴۰ تن در هکتار عملکرد بیولوژیک کینوا تا سطح ۳۰ تن در هکتار افزایش و سپس کاهش یافت. بر این اساس بیشترین عملکرد بیولوژیک به مقدار ۵۰۵۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار مصرف ۳۰ تن در هکتار بدست آمد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کاربرد *Trichoderma asperelloides* به مقدار ۱۹۰۸ کیلوگرم در هکتار بود. تلقیح قارچ *Trichoderma asperelloides* و باکتری *Bacillus subtilis* عملکرد دانه را به ترتیب ۲۷ و ۱۹ درصد نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. عملکرد دانه همراه با مصرف مقادیر بالاتر کمپوست روند افزایشی نشان داد، به طوری که عملکرد دانه تا ۳۰ تن در هکتار افزایش یافته و بعد از آن متوقف گردید. حداکثر عملکرد دانه از تیمارهای ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار به مقادیر به ترتیب ۱۹۱۶ و ۱۹۱۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

نتیجه گیری: با توجه به اینکه بهترین تیمارهای این آزمایش در اغلب صفات مورد بررسی، مصرف ۲۰ و ۳۰ تن کمپوست بقایای نیشکر در هکتار بود، برای کاهش هزینه مصرف ۲۰ تن از این کود آلی برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه کینوا توصیه می‌شود. همچنین تلقیح قارچ *Trichoderma asperelloides* و باکتری *Bacillus subtilis* به ویژه *Trichoderma asperelloides* برای بهبود رشد و عملکرد کینوا پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، کود آلی، کود زیستی، گیاه زراعی، عملکرد دانه

مقدمه

کاهش حاصلخیزی و باروری خاک در کشورهای درحال توسعه و استفاده دائم گیاهان از ذخایر غذایی خاک بدون جایگزینی مناسب و کافی، باعث کاهش مقدار عناصر غذایی قابل دسترس شده است. از اینرو استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود مواد غذایی و حاصلخیزی خاک در نظر گرفته می‌شود، اما هزینه رو به افزایش تولید کودهای شیمیایی و آلودگی خاک و آب ناشی از مواد شیمیایی و کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی باعث ایجاد مسائل بفرنج شده است (موقتیان و همکاران ۲۰۱۵). امروزه استفاده از کودهای آلی و زیستی به عنوان روشی کلیدی در حل این مشکلات است. در این رابطه کاربرد کودهایی با منشأ طبیعی نه تنها باعث کاهش مصرف مواد شیمیایی شده، بلکه به ذخیره انرژی، کاهش آلودگی محیط و بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک کمک خواهد کرد (اسدو و همکاران ۲۰۱۸).

ماده آلی کلید حاصلخیزی و باروری خاک است. برای حفظ سطح حاصلخیزی و قدرت تولید یک خاک، میزان ماده آلی آن باید در سطح مناسبی حفظ شود (آلوری و بابالولا ۲۰۱۸). مقدار ماده آلی در خاک‌های کشور، بسیار ناچیز بوده و با مقدار بهینه آن فاصله زیادی دارد. با مصرف روزافزون کودهای شیمیایی و عدم برگشت بقایای گیاهی به خاک و حتی سوزاندن آن‌ها، سالیانه از مقدار ماده آلی ناچیز خاک‌ها کاسته می‌شود و خاک به کلوخه‌هایی غیر قابل نفوذ و غیر قابل برگشت تبدیل می‌شود. بروز مشکلات اقتصادی و زیست محیطی ناشی از ائتلاف کودهای شیمیایی نیتروژنی در نتیجه فرآیندهایی چون تصعید آمونیاک، دنیتریفیکاسیون و آبشویی نترات سبب شده است که کمپوست‌ها و کودهای زیستی به عنوان بخشی از برنامه‌های کشاورزی پایدار جایگزین کودهای شیمیایی گردند (راعی و همکاران ۲۰۱۳).

کمپوست بقایای نیشکر یک ماده آلی پیت مانندی است که باعث نرمی بافت خاک و افزایش تهویه، جذب رطوبت و ظرفیت نگهداری آب می‌شود. کربن آلی موجود در کمپوست نیشکر عناصر غذایی را به آرامی و به طور یکنواخت در سیستم رشد گیاهی آزاد کرده و گیاه را قادر به جذب آنها می‌نماید (گوپتا ۲۰۰۸). در این رابطه صافی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه تریتیکاله در شرایط مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر و آبیاری کامل حاصل شد. همچنین در آزمایش مرعشی و زاده امید (۲۰۱۹) بیشترین عملکرد دانه و عملکرد پروتئین ذرت در شرایط مصرف ۳۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین عملکرد دانه و عملکرد پروتئین در شرایط عدم مصرف کمپوست نیشکر و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد.

قارچ‌های اندوفیت یکی از مهم‌ترین کودهای زیستی می‌باشند که توانایی تولید متابولیت‌های ثانویه را دارند (سلیم و همکاران ۲۰۱۲). قارچ *تریکودرما* از طریق برقراری ارتباط با ریشه گیاهان و تحریک رشد ریشه، مهار عوامل بیماری‌زای گیاهی از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، القاء تحمل سیستمیک و بهبود سلامت گیاهان سبب افزایش رشد آن‌ها می‌شود (هارمان و همکاران ۲۰۱۱). تا به امروز اکثر تحقیقات صورت گرفته در مورد *تریکودرما* بر مهار زیستی آن متمرکز بوده است، در حالی که استفاده از این قارچ برای تغذیه گیاهی کمتر مطالعه شده است. پژوهشگران تأثیر قارچ *تریکودرما* در بهبود قابلیت دسترسی به عناصر فسفر، آهن، منگنز، مس و روی را گزارش کرده و علت این مسئله را به توانایی این قارچ در اسیدی کردن خاک از طریق تولید اسیدهای آلی، کلات کردن به وسیله سیدروفورها، اکسیداسیون و احیاء به وسیله آهن و هیدرولیز توسط آنزیم فیتاز نسبت داده‌اند (روی ژیا و همکاران ۲۰۱۵). در این زمینه بادار و همکاران (۲۰۱۴) با آزمایش اثر کمپوست و قارچ *تریکودرما* بر رشد و نمو و عملکرد ماش بیان کردند که استفاده از کمپوست در

شرایط محیطی دارد. دانه کینوا سرشار از پروتئین است و یک جایگزین عالی برای برنج به شمار می‌آید. کشت گیاهی متحمل و کم توقع مانند کینوا بهترین راهکار برای افزایش تولید در مناطقی است که دارای خاک فقیر و نامناسب می‌باشند (وگاگالوز و همکاران ۲۰۱۰). با توجه به مضرات زیست محیطی مصرف کودهای شیمیایی و لزوم استفاده از کودهای آلی و میکروارگانیزم‌های افزاینده رشد برای کاهش آسیب‌های زیست محیطی و همچنین اهمیت گیاه کینوا از نظر ارزش غذایی و تحمل به شرایط نامناسب محیطی، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر قارچ *تریکورما* و باکتری *باسیلوس* و کمپوست بقایای نیشکر بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد کینوا انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و ارتفاع حدود ۳۴ متر از سطح دریا اجرا شد. بر اساس آمار هواشناسی بلند مدت، شهر ملاتانی با داشتن بارندگی سالانه حدود ۲۱۳ میلی‌متر، متوسط دمای ۲۳ و متوسط حداکثر و حداقل دمای به ترتیب ۳۶ و ۹/۵ درجه سلسیوس، از لحاظ اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک است. به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از کاشت و شروع آزمایش از عمق صفر تا سی سانتی‌متری خاک نمونه برداری انجام گردید که نتایج آن در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

ترکیب با *تریکورما* نه تنها رشد گیاه را به طور معنی‌داری افزایش داد، بلکه محتوای کربوهیدرات، پروتئین و بیوماس نیز به طور معنی‌داری بیشتر از هر یک از تیمارهای کمپوست و *تریکورما* به تنهایی بود. پژوهشگران مختلف، بهبود رشد و افزایش تعداد پنجه، ریشه‌های فرعی، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گندم (شارما و همکاران ۲۰۱۲)، بهبود عملکرد و کیفیت دانه نخود (تریپاتهی و همکاران ۲۰۱۵) و افزایش محتوای فسفر ریشه و ساقه آفتابگردان (یاداو و همکاران ۲۰۱۵) تلقیح شده با گونه‌های مختلف *تریکورما* را گزارش کرده‌اند.

باسیلوس سوبتیلیس از دیگر کودهای زیستی است که با تولید آگروپولی ساکاریدها و سیدروفورها به حفظ تعادل یونی کمک کرده و حرکت آب را در بافت‌های گیاهی بهبود بخشیده و از رشد میکروب‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کند (رادهاکریشنا و همکاران ۲۰۱۷). نکیسا و همکاران (۲۰۱۵) در آزمایش بررسی اثر باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* و کود سوپر فسفات تریپل بر عملکرد دو رقم برنج نشان‌دادند که بیشترین عملکرد شلتوک در تیمار کاربرد این باکتری بدست آمد. در پژوهش افتمیادو و همکاران (۲۰۲۰) کاربرد باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* در ترکیب با باکتری‌های محرک رشد دیگر سبب افزایش عملکرد ذرت گردید.

با توجه به وضعیت اقلیمی و جغرافیایی کشور و عواملی مانند تغییر اقلیم، محدودیت آبی و وجود خاک‌هایی با محدودیت شوری و حاصلخیزی کم، کشت گیاهان سازگار با چنین شرایطی از مهم‌ترین راهکارهای رسیدن به امنیت غذایی در کشور به شمار می‌رود. کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd از خانواده *Chenopodiaceae* است که سازگاری گسترده‌ای با

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی متری

بافت خاک	نیترژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز	اسیدیته	هدایت الکتریکی
	%								dS.m ⁻¹
رسی سیلتی	۰/۰۸	۸/۵	۱۲۱	۴/۰۱	۰/۶۰	۰/۷۱	۶/۶۱	۷/۸	۴/۵

مقادیر هدایت الکتریکی و pH مربوط به عصاره گل اشباع می‌باشد.

قارچ *Trichoderma asperelloides* و باکتری *Bacillus subtilis* از شرکت زیست فناوری سبز تهیه شد. قبل از کشت به ازای هر کیلو گرم بذر کینوا، ۱۰۰ میلی لیتر مایه تلقیح (با جمعیت 10^8 CFU/mL) از جدایه هر قارچ و باکتری با بذرها تلقیح و پس از هوا خشک شدن بذور تلقیح شده، کشت صورت گرفت (محمدی کشکا و همکاران، ۲۰۱۸). کمپوست بقایای نیشکر از شرکت کشت و صنعت کارون تهیه و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). میزان کمپوست مصرفی با توجه به تیمار تعیین و قبل از کاشت به صورت دستی با پشته‌ها مخلوط شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل مقدار مصرف کمپوست بقایای نیشکر در پنج سطح صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار و کود زیستی در سه سطح عدم تلقیح، تلقیح *Trichoderma asperelloides* و تلقیح *Bacillus subtilis* بود. جهت عملیات آماده سازی زمین ابتدا مزرعه آزمایشی آبیاری و پس از گاو رو شدن، شخم عمیق و سپس دو دیسک عمود برهم زده شد و به دنبال آن عملیات تسطیح توسط ماله انجام گرفت. بعد از آن جوی و پشته‌ها به فواصل ۵۰ سانتی متر ایجاد شد. هر کرت شامل شش خط کاشت به طول چهار متر بود. بین کرت‌ها دو پشته نکاشت در نظر گرفته شد. روش کاشت به صورت جوی و پشته بود.

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی کمپوست بقایای نیشکر

هدایت الکتریکی	pH	بر	مس	روی	منگنز	آهن	کربن آلی	پتاسیم	فسفر	نیترژن
$dS.m^{-1}$				$mg.kg^{-1}$				%		
۷/۸	۷/۲	۱۲۸	۲۵	۱۲۸۰	۸۱	۱۳۵۰	۵۲	۰/۸	۰/۶	۱/۴

مقادیر هدایت الکتریکی و pH مربوط به عصاره گل اشباع می‌باشد.

عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری و محاسبه شد. برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک، از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی ۱۰ گیاه انتخاب و پس از اندازه‌گیری، میانگین-گیری شد. به منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته و ارتفاع پانیکول از خط کش و قطر ساقه نیز با استفاده از کولیس دیجیتال استفاده شد.

در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی به منظور تعیین شاخص سبزیگی از هر کرت پنج بوته از خطوط عملکرد و از هر بوته، آخرین برگ توسعه یافته که برگ‌های آن کاملاً باز شده بود، انتخاب شده و شاخص کلروفیل از سه نقطه مختلف آن برگ توسط دستگاه کلروفیل سنج (مدل spad-502 plus، شرکت konica Minolta، ژاپن) قرائت گردید. سپس میانگین ۱۵ قرائت انجام شده به عنوان شاخص کلروفیل آن کرت منظور شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار

رقم کینوا مورد کشت $TiTiCaCa$ بومی کشور بولیوی و پرو با طول دوره رشد ۱۳۰-۱۵۰ روز بود که از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان تهیه شد. کشت در تاریخ ۱۵ آبان انجام شد. تراکم بوته ۳۳ بوته در متر مربع بود. اولین آبیاری بعد از کاشت انجام و آبیاری‌های بعدی در زمان‌های مورد نیاز گیاه انجام شد. در طول دوره رشد علف‌های هرز به صورت دستی کنترل شد و هیچگونه آفات و بیماری از ابتدا تا پایان فصل مشاهده نگردید. برداشت نهایی در زمان رسیدگی فیزیولوژیک در اواسط فروردین ماه و از دو خط میانی با ابعاد یک متر مربع صورت گرفت.

صفات شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ در بوته، قطر ساقه، شاخص سبزیگی (عدد اسپد)، ارتفاع پانیکول، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه،

گیاهان تیمار شده با کودهای زیستی، ارتفاع و رشد بیشتری نسبت به شاهد داشتند که این امر را می‌توان به افزایش دسترسی عناصر غذایی و به طور کلی افزایش سطح جذب سیستم ریشه‌ای گیاه در شرایط تلقیح نسبت-داد. سلیمی تملی و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی با بررسی اثر بیوپرایمینگ بذر با قارچ‌های *Trichoderma virens* و *Piriformospora indica* بر مولفه‌های رویشی، مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهچه ماش سبز (*Vigna radiate* L. در یافتند که بیوپرایمینگ بذر با این قارچ‌ها ارتفاع بوته را نسبت به شاهد افزایش داد.

مقایسه میانگین اثر مقدار مصرف کمپوست بقایای نیشکر بر ارتفاع گیاه کینوا نشان داد که تا سطح مصرف ۳۰ تن در هکتار کمپوست ارتفاع بوته افزایش و پس از آن کاهش یافت، به طوری که بیشترین ارتفاع بوته مربوط به سطوح ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار بود (جدول ۴). افزایش ارتفاع گیاه در تیمارهای کود آلی می‌تواند ناشی از بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و تأمین عناصر غذایی باشد. با توجه به بالا بودن میزان عناصر غذایی بخصوص نیتروژن در کمپوست، افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته‌ها را می‌توان به این امر نسبت داد. نتایج پژوهشی نشان داد که با افزودن کمپوست باگاس نیشکر به خاک، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه بهبود یافته و از طریق افزایش در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری گیاه، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد (جیانگ و هینگسیدیک ۲۰۰۶). فتح‌العلومی و همکاران (۲۰۱۵) نیز در پژوهشی افزایش ارتفاع بوته گندم در اثر کاربرد کود آلی را گزارش نمودند.

تعداد شاخه فرعی

بر اساس نتایج، بیشترین تعداد شاخه فرعی (۶/۸) از تیمار کاربرد تریکودرما و کمترین آن (۵/۸) از تیمار عدم تلقیح بدست‌آمد (جدول ۴). رودریش و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی تلقیح باکتری‌های محرک رشد *باسیلوس* و قارچ تریکودرما اظهار داشتند که این میکروارگانیسم‌ها با افزایش جوانه زنی، جذب عناصر غذایی و افزایش ارتفاع گیاه، افزایش تعداد شاخه و گره زایی عملکرد خود را افزایش دادند. قارچ تریکودرما از طریق مکانیسم‌هایی

دانه پس از جدا کردن دانه‌ها، دو تکرار ۵۰۰ عددی توسط دستگاه بذر شمار جداسازی و توزین شد. بدلیل اینکه اختلاف وزنی بین این دو نمونه کمتر از پنج درصد بود، حاصل جمع آنها به عنوان وزن هزاردانه در نظر گرفته-شد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه پس از رسیدگی، از هر کرت آزمایشی بوته‌های خطوط میانی کشت در سطحی معادل یک مترمربع به صورت جداگانه برداشت گردید و به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس با وزن کردن کل نمونه، عملکرد بیولوژیک تعیین شد. پس از آن دانه‌ها از کاه و کلش جدا شده و عملکرد دانه از مساحت برداشت شده محاسبه شد. سپس از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به صورت درصد تعیین شد. عملکرد دانه با رطوبت ۱۲ درصد محاسبه گردید.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴، رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده مقدار مصرف کمپوست بقایای نیشکر و کود زیستی بر تمامی صفات مورد بررسی به استثناء قطر ساقه معنی‌دار گردید، در حالی که اثر متقابل عوامل آزمایشی بر هیچ یک از صفات معنی‌دار نشد. اثرات ساده کمپوست بقایای نیشکر و کود زیستی بر ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، شاخص سبزی‌نگی، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد شاخه فرعی و ارتفاع پانیکول در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

ارتفاع بوته

بیشترین ارتفاع بوته از تیمار تلقیح قارچ تریکودرما به مقدار ۵۰/۴۵ سانتی‌متر بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۰ درصدی داشت (جدول ۴). به طور کلی

با افزایش مصرف کمپوست به ۴۰ تن در هکتار از تعداد برگ کاسته شد که دلیل این امر را می‌توان به افزایش شوری و تثبیت عناصر غذایی به خصوص عناصر کم مصرف مانند مس و روی در شرایط کاربرد بیش از حد کود آلی نسبت داد. کودهای آلی اگر در مقادیر مناسب استفاده نگردد علاوه بر اینکه سبب افزایش رشد و نمو گیاه نمی‌گردد، میزان رشد را کاهش می‌دهد.

قطر ساقه

هرچند اثر عوامل آزمایشی بر قطر ساقه از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳) ولی برخلاف صفاتی نظیر ارتفاع بوته و تعداد برگ بیشترین قطر ساقه از تیمار تلقیح *باسیلیوس* به مقدار ۳/۹ سانتی متر بدست آمد (جدول ۴). گراول و همکاران (۲۰۰۷) نیز افزایش قطر ساقه تحت تأثیر تلقیح قارچ *تریکودرما* را به واسطه تولید هورمون‌های رشد مانند ایندول استیک اسید گزارش نموده‌اند. با افزایش مصرف کمپوست بقایای نیشکر تا ۲۰ تن در هکتار قطر ساقه کینوا افزایش و پس از آن کاهش یافت. قطر ساقه معمولا با ارتفاع گیاه همبستگی منفی دارد. به نظر می‌رسد که کاهش قطر ساقه پس از این مقدار به دلیل افزایش ارتفاع گیاه در تیمار مصرف ۳۰ تن در هکتار کمپوست بوده است (جدول ۴).

شاخص کلروفیل

بیشترین شاخص کلروفیل (۳۱/۵) از تیمار تلقیح *باسیلیوس* و کمترین آن (۲۴/۳) از تیمار عدم تلقیح بدست آمد (جدول ۴). اختلاف بین تیمار *باسیلیوس* و *تریکودرما* از نظر شاخص کلروفیل معنی‌دار نبود (جدول ۴). توان تولید سیدروفور از جمله ویژگی‌هایی است که بر اساس آن *باسیلوس*‌ها را در گروه باکتری‌های محرک رشد گیاه قرار داده است. در سال‌های اخیر توانایی تولید سیدروفور در سویه‌های متعددی از گونه‌های مختلف این باکتری‌ها به اثبات رسیده است. سیدروفورها ترکیب‌های آلی با وزن مولکولی کم و لیگاندهای شیمیایی با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای پیوند شدن با آهن سه ظرفیتی هستند. این مواد توسط سلول‌های میکروبی به منظور مقابله با تنش کمبود فرم قابل جذب آهن، این عنصر را به فرم کلات محلول در می‌آورند که در این حالت برای سلول‌هایی که پذیرنده های غشایی

نظیر تولید آنتی بیوتیک، افزایش انتقال قند و اسید آمینه در ریشه گیاهان، ایجاد تحمل القائی در برابر تنش‌های محیطی، افزایش جذب عناصر غذایی، افزایش حلالیت عناصر، ترشح هورمون‌های رشد و شبه هورمون می‌تواند سبب افزایش رشد رویشی گیاهان گردد (گراول و همکاران، ۲۰۰۷). بر اساس نتایج مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی کینوا با افزایش مصرف کمپوست از صفر تا ۳۰ تن در هکتار از ۵/۶ به ۶/۸ افزایش یافت (جدول ۴). افزایش فعالیت زیستی خاک و بهبود دسترسی به عناصر غذایی ماکرو و میکرو توسط کودهای آلی گیاه را از مواجه شدن با فقر عناصر غذایی و کاهش رشد حفظ و سبب افزایش رشد رویشی می‌کند (تهامی زرنندی و همکاران ۲۰۱۴).

تعداد برگ در بوته

تلقیح باکتری *باسیلیوس* و قارچ *تریکودرما* باعث افزایش تعداد برگ بوته از ۵۰/۶ در تیمار عدم تلقیح به ۵۸/۴ در تیمار کاربرد *باسیلوس* و ۶۳/۱ در تیمار *تریکودرما* شد (جدول ۴). اینگونه به نظر می‌رسد که کودهای زیستی بدلیل تولید و در اختیار قرار دادن هورمون‌های رشد، اسیدهای آمینه و مواد مغذی سبب افزایش رشد و نمو کینوا و در نتیجه افزایش ارتفاع، تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ شده‌اند. کاربرد کمپوست باعث افزایش تعداد برگ بوته نسبت به تیمار شاهد گردید ولی اختلاف بین سطوح مختلف کمپوست (۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) از نظر آماری معنی‌دار نبود. بیشترین تعداد برگ در دو تیمار مصرف ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر به تعداد ۶۳ مشاهده شد که با تیمار مصرف ۱۰ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای آلی با بهبود جذب مواد غذایی و فتوسنتز، باعث افزایش ارتفاع بوته و شاخه در بوته و افزایش تعداد برگ در بوته شده‌است. با کاربرد کمپوست شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک بهبود یافته و با افزایش گنجایش نگهداری آب خاک، دسترسی گیاه به آن بهبود و در نتیجه رشد و تقسیم سلولی بهتر می‌شود. خیری و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که کاربرد کمپوست منجر به افزایش تعداد برگ برنج می‌گردد.

اختصاصی دارند، قابل دسترس می‌گردد (یونسی و همکاران ۲۰۱۶). در نتیجه با افزایش جذب آهن تولید کلروفیل و میزان سبزیگی گیاه افزایش می‌یابد. بیشترین شاخص کلروفیل از تیمار کاربرد ۲۰ تن در هکتار کمپوست نیشکر بدست آمد (جدول ۴). کودهای آلی علاوه بر عناصر غذایی و مواد آلی، مقادیر زیادی مواد هیومیکی دارند که این مواد، از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی خاص، به‌ویژه آهن و روی و اثر مستقیم بر متابولسیم گیاهی، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند. به نظر می‌رسد که مصرف کود زیستی و آلی با افزایش میزان نیتروژن و عناصر غذایی دیگر در گیاه، باعث افزایش میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها شده که به دنبال آن سبزیگی، توانایی جذب نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش یافته است. در این زمینه نتایج پژوهش حاضر با نتایج فتح‌العلومی و همکاران (۲۰۱۵) همخوانی دارد.

ارتفاع پانیکول

بیشترین ارتفاع پانیکول مربوط به تلقیح تیمار تریکودرما بود. تیمار *باسیلیوس* هرچند باعث افزایش ارتفاع پانیکول شد، ولی افزایش آن نسبت به شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۴). کاربرد کمپوست باعث افزایش ارتفاع پانیکول شد، به طوری که در تیمارهای ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار ارتفاع به ترتیب ۹/۸۷ و ۹/۸۴ سانتی متر بود. در سطوح ۱۰ و ۴۰ تن در هکتار، افزایش ارتفاع پانیکول نسبت به شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۴). به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که کاربرد کمپوست بقایای نیشکر سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع پانیکول نسبت به عدم کاربرد آن گردیده‌است. ابراهیم و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی واکنش گندم به سطوح مختلف کمپوست و کود دامی گزارش کردند که مصرف کود دامی و کمپوست ارتفاع گیاه ارتفاع سنبله و عملکرد دانه گندم را به طور معنی‌داری افزایش داد. آنان این افزایش را به بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش فراهمی عناصر غذایی بر اثر کاربرد کودهای آلی نسبت دادند.

تعداد دانه در پانیکول

مقایسه میانگین نشان می‌دهد که در تیمارهای تلقیح *باسیلیوس* و تریکودرما تعداد دانه در پانیکول نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته‌است. بیشترین تعداد دانه در پانیکول از تیمار تلقیح تریکودرما به تعداد ۳۲۵/۲ دانه بدست آمد که با تیمار تلقیح *باسیلیوس* و عدم تلقیح اختلاف معنی‌دار به ترتیب ۴/۲ و ۱۵/۳ درصدی داشت (جدول ۴). افزایش تولید دانه در اثر کاربرد کودهای زیستی، به نقش فسفر در افزایش تعداد دانه در گیاه نسبت داده می‌شود. کودهای زیستی از طریق تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز باعث می‌شوند که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول در آید و برای ریشه قابل جذب گردد. همچنین کودهای زیستی از طریق تولید ایندول استیک اسید باعث افزایش رشد ریشه و اشغال حجم بیشتری از خاک شده و از طریق گسترش سطح جذب فسفر، نقش مثبتی در افزایش تعداد دانه دارند (محمدپور و شویبی و همکاران ۲۰۱۷). در پژوهش امیریوسفی و همکاران (۲۰۲۱) نیز کاربرد کودهای زیستی سبب افزایش تعداد دانه در پانیکول کینوا تحت شرایط آبیاری نرمال و محدودیت آبی گردید. مام نبی و همکاران (۲۰۲۰) نیز افزایش تعداد دانه در خورجین کلزا را در اثر تلقیح کودهای زیستی گزارش کرده‌اند.

کاربرد کمپوست سبب افزایش تعداد دانه در پانیکول شد، به گونه‌ای که بیشترین تعداد دانه در پانیکول مربوط به سطوح ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست نیشکر بود. تعداد دانه در پانیکول در تیمار مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست ۳۶۸ و در تیمار ۳۰ تن در هکتار کمپوست ۳۶۷ بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که مقدار زیاد عناصر غذایی قابل دسترس مختلف از جمله نیتروژن در کمپوست بقایای نیشکر از یک سو و آزادسازی یکنواخت آن در طول فصل رشد سبب وفور این عناصر در زمان اوج نیاز گیاه (گلدهی) شده و سبب افزایش طول گل آذین (جدول ۴) و تعداد دانه در آن شده‌است. در آزمایش صافی و همکاران (۲۰۲۲) نیز کاربرد کمپوست بقایای نیشکر تعداد دانه در سنبله گندم را افزایش داده ولی بین سطوح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کود کمپوست از نظر تأثیر بر تعداد دانه در سنبله اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کینوا تحت تأثیر کمپوست بقایای نیشکر و کود زیستی

میانگین مربعات												
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد برگ بوته	قطر ساقه	شاخص سبزیگی	ارتفاع پانیکول	تعداد دانه در پانیکول	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۳۵/۸۶ ^{NS}	۵/۴۸ ^{**}	۱۳۸/۴۶ ^{**}	۰/۵۶ ^{NS}	۱۲/۵۲ ^{NS}	۱۳/۷ ^{**}	۴۶/۸۶ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۸۰۳۸۱/۷۵ ^{NS}	۲۴۲۶۶/۰۶ ^{NS}	۷/۲۳ ^{NS}
کمپوست بقایای نیشکر	۴	۱۶۰/۸۸ ^{**}	۲/۸۵ ^{**}	۳۶۱/۳۶ ^{**}	۰/۲۶ ^{NS}	۱۵۴/۱۷ ^{**}	۵/۱۴ ^{**}	۵۱۵۱۸/۷۴ ^{**}	۰/۳۴ ^{**}	۱۰۹۹۳۸/۷۵ ^{**}	۴۶۹۶۱۶/۱۴ ^{**}	۴۷/۷۰ ^{**}
کود زیستی	۲	۳۴۹/۵۲ ^{**}	۴/۱۳ ^{**}	۵۹۴/۰۶ ^{**}	۰/۵۱ ^{NS}	۲۰۱/۷۶ ^{**}	۸/۷۸ ^{**}	۹۸۸۸/۸۶ ^{**}	۰/۱۵ ^{**}	۳۳۲۵۱۱۹/۴۸ ^{**}	۱۰۲۳۹۰۲/۸۶ ^{**}	۶۴/۱۵ ^{**}
کمپوست*کود زیستی	۸	۱۷/۱۰ ^{NS}	۰/۱۹ ^{NS}	۱۸/۴۸ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}	۴/۳۰ ^{NS}	۰/۰۵ ^{NS}	۱۶۷/۵۶ ^{NS}	۰/۰۰۳ ^{NS}	۲۵۵۸۲/۹۸ ^{NS}	۱۴۹۸۸/۸۱ ^{NS}	۲/۶۸ ^{NS}
خطا	۲۸	۲۲/۴	۰/۹۳	۱۹/۵۸	۰/۲۲	۱۹/۷۸	۱/۹۱	۲۲۳/۶۵	۰/۰۲	۹۷۹۲۱/۹۹	۱۶۶۸۶/۷۸	۱/۶۷
ضریب تغییرات(%)		۱۰/۰۶	۱۵/۱۰	۷/۷۱	۱۲/۶۳	۱۵/۷۰	۱۵/۲۵	۴/۹۱	۹/۱۴	۶/۵۸	۷/۷۴	۳/۷۱

NS، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

معنی‌دار نبود. تفاوت تیمار عدم تلقیح و تلقیح باکتری و قارچ از نظر وزن هزار دانه ۱۲ درصد بدست‌آمد. وزن هزار دانه در تیمارهای *باسیلیوس* و *تریکودرما* به صورت

بیشترین عملکرد بیولوژیک کینوا از تیمار تلقیح قارچ *تریکودرما* به مقدار ۵۱۵۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن از تیمار عدم تلقیح به میزان ۴۲۳۴ کیلوگرم در هکتار بدست‌آمد. تلقیح تیمار *باسیلیوس* و *تریکودرما* عملکرد بیولوژیک را به ترتیب ۱۳ و ۱۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۱). قارچ *تریکودرما* سبب افزایش حلالیت فسفر و نیتروژن و عناصر میکرو شده و قابلیت دسترسی این عناصر را برای گیاه افزایش می‌دهد. افزایش جذب عناصر غذائی در نتیجه فعالیت قارچ‌های *تریکودرما* نیز می‌تواند سبب افزایش وزن گیاه گردد (سینگ و همکاران ۲۰۰۷). در این رابطه تریپاتهی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که با تلقیح *تریکودرما* عملکرد بیولوژیک نخود افزایش یافت.

با افزایش مقدار مصرف کمپوست بقایای نیشکر از صفر به ۴۰ تن در هکتار عملکرد بیولوژیک کینوا تا سطح ۳۰ تن در هکتار افزایش و سپس کمی کاهش یافت. بر این اساس بیشترین عملکرد بیولوژیک به مقدار ۵۰۵۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار مصرف ۳۰ تن در هکتار

وزن هزار دانه

در این پژوهش بین تیمارهای تلقیح (*باسیلیوس* و *تریکودرما*) و شاهد اختلاف معنی‌دار از نظر وزن هزار دانه مشاهده شد. اختلاف وزن هزار دانه گیاهان تلقیح شده با باکتری *باسیلیوس* و *تریکودرما* از نظر آماری

مشابه ۱/۶ گرم بود (جدول ۴). در آزمایش شارما و همکاران (۲۰۱۲) نیز تلقیح *تریکودرما* سبب افزایش وزن هزاردانه گندم شد. سینگ و همکاران (۲۰۱۰) افزایش عملکرد و رشد نیشکر در تیمارهای تلقیح شده با گونه‌های قارچ *تریکودرما* را به بهبود جذب عناصر غذایی از قبیل پتاسیم، فسفر، نیتروژن و حل‌کنندگی فسفات و عناصر کم مصرف به وسیله این گونه قارچی نسبت-دادند. برخلاف صفت تعداد دانه در پانیکول که بیشترین مقدار آن از تیمارهای مصرف ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کمپوست نیشکر حاصل شد، بیشترین وزن هزار دانه کینوا از تیمار مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست بدست-آمد. اینطور به نظر می‌رسد که دلیل این امر همبستگی منفی بین تعداد دانه در گل آذین و وزن هزار دانه باشد. با کاهش تعداد دانه در پانیکول در تیمار ۴۰ تن در هکتار (جدول ۴)، وزن هزار دانه افزایش یافته است. وزن هزار دانه در تیمار مصرف ۴۰ تن در هکتار کمپوست ۱/۸ گرم بدست‌آمد (جدول ۴).

عملکرد بیولوژیک

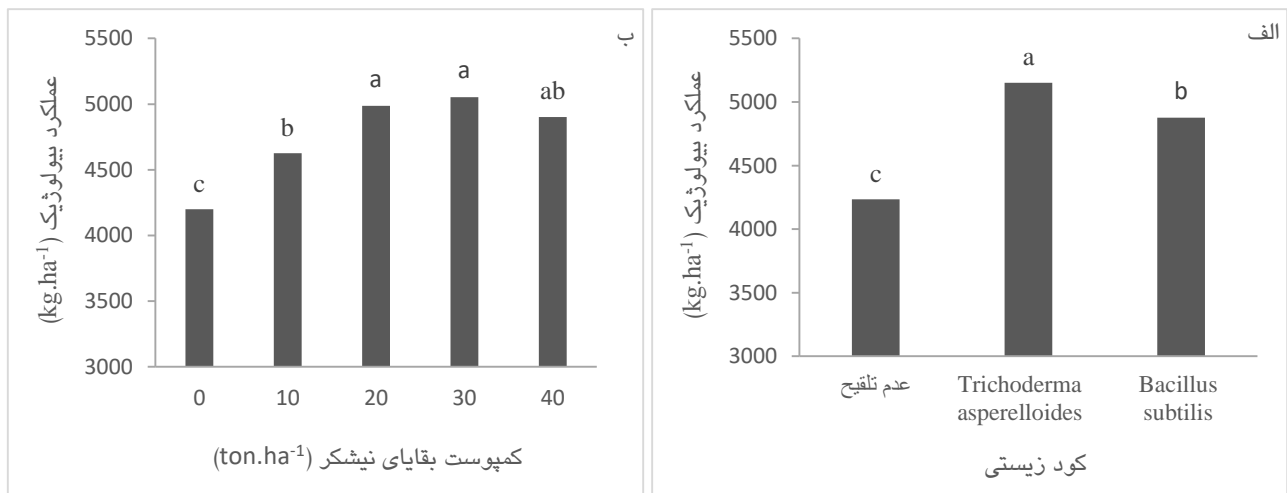
کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهد. لذا از آنجا که کود کمپوست نیشکر منبع مهمی برای عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر، آهن، منگنز و روی است، افزودن این ماده به خاک منجر به بهبود حاصلخیزی و دیگر خصوصیات خاک می‌گردد. در پژوهش حیبی و مجیدیان (۲۰۱۴) کاربرد کود ورمی کمپوست سبب بهبود عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت شد.

بدست آمد که با تیمار ۲۰ و ۴۰ تن درهکتار اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱). مرعشی و زاده امید (۲۰۱۹) نیز در آزمایش بررسی اثر مقادیر کمپوست نیشکر و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای نتایج مشابه با این پژوهش را گزارش کرده‌اند. همچنین منجری و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند که کود کمپوست نیشکر ماده آلی فراوان دارد که مواد غذایی را به تدریج رها

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کینوا تحت تأثیر کمپوست بقایای نیشکر و کود زیستی

عامل آزمایشی	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه فرعی	تعداد برگ در بوته	قطر ساقه (cm)	شاخص سبزیگی	ارتفاع پانیکول (cm)	تعداد دانه در پانیکول	وزن هزار دانه (g)
کمپوست بقایای نیشکر (ton.ha ⁻¹)								
۰	۴۰/۳ ^d	۵/۶ ^b	۵۰/۷ ^b	۳/۵ ^b	۲۲/۰ ^c	۸/۰ ^b	۱۸۸/۶ ^d	۱/۳ ^d
۱۰	۴۵/۳ ^{bc}	۶/۵ ^a	۵۹/۷ ^a	۳/۸ ^{ab}	۳۰/۱ ^{ab}	۹/۰ ^{ab}	۲۷۷/۳ ^c	۱/۴ ^{cd}
۲۰	۴۷/۸ ^{ab}	۶/۸ ^a	۶۳/۰ ^a	۴/۰ ^{ab}	۳۳/۰ ^a	۹/۸ ^a	۳۶۷/۱ ^a	۱/۵ ^{bc}
۳۰	۵۱/۰ ^a	۶/۸ ^a	۶۳/۰ ^a	۳/۸ ^{ab}	۲۹/۴ ^{ab}	۹/۸ ^a	۳۶۸/۱ ^a	۱/۶ ^b
۴۰	۴۲/۶ ^{cd}	۶/۰ ^{ab}	۵۰/۴ ^b	۳/۷ ^a	۲۶/۸ ^b	۸/۶ ^{ab}	۳۲۱/۸ ^b	۱/۸ ^a
کود زیستی								
عدم تلقیح	۴۰/۸۲ ^c	۵/۸ ^b	۵۰/۶ ^b	۳/۵ ^b	۲۴/۳ ^c	۸/۲ ^b	۲۷۶/۳ ^c	۱/۴ ^b
تریکودرما آسپریلویدس	۵۰/۴۵ ^a	۶/۸ ^a	۶۳/۱ ^b	۳/۸ ^{ab}	۲۹/۱ ^{bc}	۹/۷ ^{ab}	۳۲۵/۲ ^a	۱/۶ ^a
باسیلوس سوبتیلیس	۴۵/۰ ^b	۶/۴ ^{ab}	۵۸/۴ ^a	۳/۹ ^a	۳۱/۵ ^{ab}	۹/۳ ^a	۳۱۱/۷ ^b	۱/۶ ^a

حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد آزمون LSD ندارند.



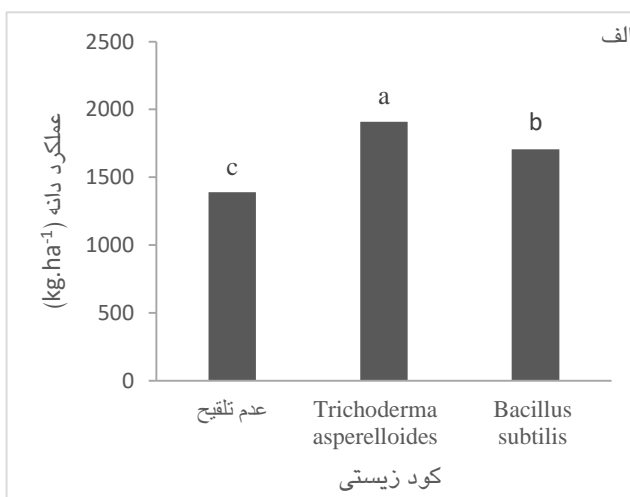
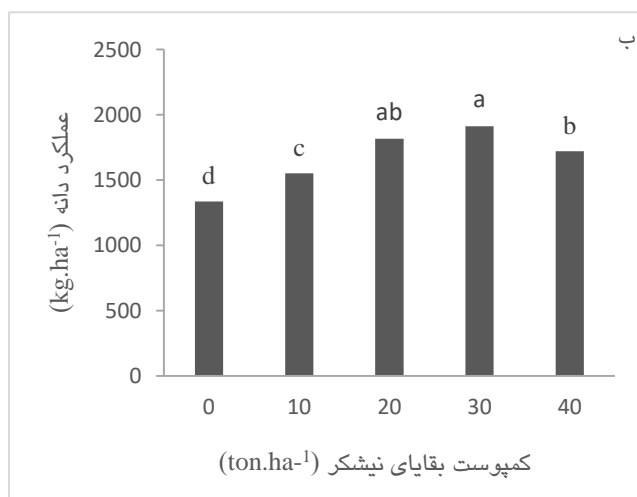
شکل ۱- تغییرات عملکرد بیولوژیک کینوا تحت تأثیر کاربرد کود زیستی (الف) و کمپوست بقایای نیشکر (ب). حروف متفاوت نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

عملکرد دانه

تلقیح با *باسیلیوس* و *تریکودرما* باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تلقیح *تریکودرما* به مقدار ۱۹۰۸/۱۳ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به عدم تلقیح افزایشی ۲۷ درصدی داشت (شکل ۲). پژوهشگران بهبود رشد و افزایش تعداد پنجه، ریشه‌های فرعی، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گندم (شارما و همکاران ۲۰۱۲)، بهبود عملکرد و کیفیت دانه نخود (تریپاتهی و همکاران ۲۰۱۵) و افزایش محتوای فسفر ریشه و ساقه آفتابگردان (یاداو و همکاران ۲۰۱۵) تلقیح شده با گونه‌های *تریکودرما* را گزارش کرده‌اند. نتایج پژوهش تقوی قاسمخیلی (۲۰۱۴) نشان داد که عملکرد دانه گندم در حضور *تریکودرما* نسبت به عدم حضور آن ۶۵ درصد افزایش یافت. در آزمایش قنبری و همکاران (۲۰۲۱) نیز تلقیح کودهای زیستی سبب افزایش عملکرد ارزن مرواریدی نسبت به عدم کاربرد آن شد.

همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود عملکرد دانه همراه با مصرف مقادیر بالاتر کمپوست روند

افزایشی نشان می‌دهد، به طوری که عملکرد دانه با افزایش مقدار کمپوست از ۱۰ به ۳۰ تن در هکتار افزایش یافته و حداکثر عملکرد دانه مربوط به تیمار ۲۰ تن در هکتار با عملکرد ۱۹۱۳/۶ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. پس از ۳۰ تن در هکتار روند افزایش عملکرد متوقف گردید. اختلاف عملکرد در سطح ۲۰ تن در هکتار نسبت به عدم مصرف کود ۳۱ درصد می‌باشد. باتوجه به این که اختلاف عملکرد دانه در سطوح ۲۰ و ۳۰ تن کمپوست در هکتار معنی‌دار نبود برای کاهش هزینه‌ها می‌توان از سطح پایین‌تر استفاده کرد. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که مصرف ۲۰ و ۳۰ تن کمپوست نیشکر در هکتار با بهبود صفاتی نظیر ارتفاع گیاه، ارتفاع گل آذین، تعداد برگ، تعداد دانه در پانیکول سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کینوا شده‌است. میرزاشاهی و سعادت (۲۰۱۰) در مطالعات خود علت افزایش عملکرد دانه گیاهان در شرایط مصرف کمپوست گوسفندی و کمپوست باگاس نیشکر را به افزایش کربن آلی و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک نسبت داده‌اند.



شکل ۲- تغییرات عملکرد دانه کینوا تحت تأثیر کاربرد کود زیستی (الف) و کمپوست بقایای نیشکر (ب). حروف متفاوت نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

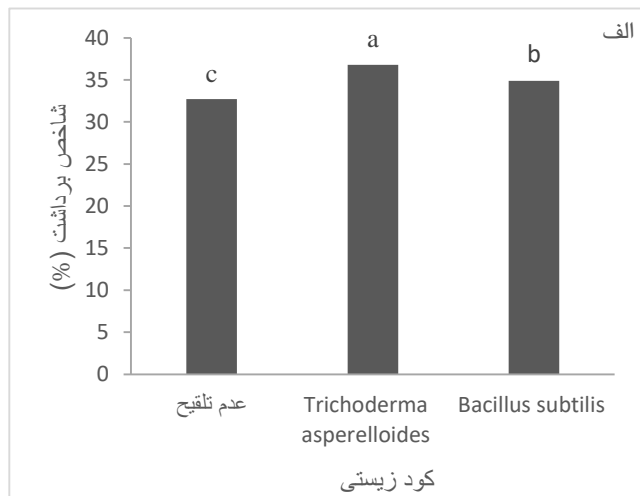
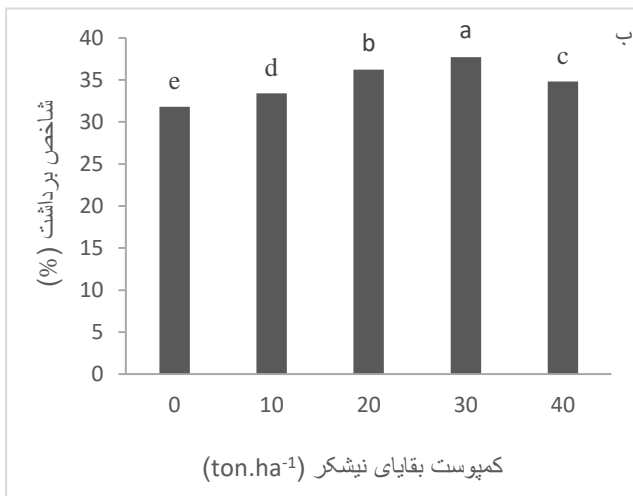
به تیمار شاهد اختلاف ۱۱ درصدی داشت (شکل ۳). امیر یوسفی و همکاران (۲۰۲۱) بیان کردند که کاربرد توأم

شاخص برداشت

بیشترین شاخص برداشت کینوا از تلقیح قارچ *تریکودرما* به مقدار ۳۶/۸ درصد به دست آمد که نسبت

افزایش معنی‌دار شاخص برداشت نسبت به شاهد شد. با افزایش مقادیر کمپوست میزان شاخص برداشت نیز افزایش یافت به گونه‌ای که در سطح ۳۰ تن در هکتار بیشترین میزان شاخص برداشت (۳۷/۷ درصد) مشاهده شد (شکل ۳). ولی در سطح بالای ۳۰ تن در هکتار شاخص برداشت روند کاهشی نشان‌داد که این یافته با نتایج میرزاشاهی و سعادت (۲۰۱۰) مطابقت دارد.

کودهای زیستی و شیمیایی از یک سو موجب بهبود اجزای عملکرد به ویژه تعداد پانیکول و دانه کینوا شده و از سوی دیگر، با فراهمی بیشتر و بهتر عناصر غذایی در طول دوره پر شدن دانه سبب افزایش وزن دانه‌ها شده و این عوامل در مجموع، موجب افزایش شاخص برداشت کینوا می‌شود. استفاده از کمپوست باعث



شکل ۳- تغییرات شاخص برداشت کینوا تحت تأثیر کاربرد کود زیستی (الف) و کمپوست بقایای نیشکر (ب). حروف متفاوت نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

دانه مربوط به تیمار تلقیح تریکودرما به مقدار ۱۹۰۸/۱۳ کیلوگرم در هکتار بود. در نهایت با توجه به اینکه بهترین تیمارهای این آزمایش در غلب صفات از جمله عملکرد بیولوژیک و دانه مصرف ۳۰ و ۲۰ تن کمپوست نیشکر در هکتار بود برای کاهش هزینه‌ها مصرف ۲۰ تن از این کود آلی برای دستیابی به حداکثر عملکرد کینوا توصیه می‌گردد. همچنین تلقیح قارچ تریکودرما و باکتری باسیلوس به ویژه تریکودرما برای بهبود رشد و عملکرد کینوا پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل حمایت‌های مادی و معنوی جهت انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر اثر اصلی کاربرد کود زیستی و کمپوست بقایای نیشکر بر اکثر صفات مورد بررسی معنی‌دار گردید، در حالی که اثر متقابل این عوامل بر هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تریکودرما به مقدار ۱۹۰۸/۱۳ کیلوگرم در هکتار بود. عملکرد دانه کینوا همراه با مصرف مقادیر بیشتر کمپوست روند افزایشی نشان داد به طوری که عملکرد دانه با افزایش مقدار کمپوست از ۱۰ به ۳۰ تن در هکتار افزایش یافته و حداکثر عملکرد دانه از تیمار ۲۰ تن در هکتار با عملکرد ۱۹۱۶/۸ و تیمار ۳۰ تن در هکتار با عملکرد ۱۹۱۳/۶ تن در هکتار بدست آمد. پس از سطح ۳۰ تن در هکتار روند افزایش عملکرد متوقف گردید. تلقیح با باسیلوس و تریکودرما باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. بیشترین عملکرد

منابع مورد استفاده

- Alori ET and Babalola OO. 2018. Microbial inoculant for improving crop quality and human health. *Frontiers in Microbiology*, 9: 1-12.
- Amiryousefi M, Tadayon M and Ebrahimi R. 2021. The effect of chemical and biological fertilizers on some physiological and yield traits of quinoa (*chenopodium quinoa* willd.) under drought stress in saline soil, *Journal of Agroecology*, 13(2): 251-270. (In Persian).
- Asadu CO, Aneke NG, Egbuna SO and Agulanna, AC. 2018. Comparative studies on the impact of bio-fertilizer produced from agro-wastes using thermo-tolerant actinomycetes on the growth performance of Maize (*Zea-mays*) and Okro (*Abelmoschus esculentus*). *Environmental Technology & Innovation*, 12: 55-71.
- Badar R, Aslam I, Ibrahim S and Shabbir SH. 2014. Comparative effect of composts with and without microbial inoculants on the growth of *Vigna radiate*. *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 3(1): 100-106.
- Efthimiadou A, Katsenios N, Chanioti S, Giannoglou M, Djordjevic N and Katsaros G. 2020. Effect of foliar and soil application of plant growth promoting bacteria on growth, physiology, yield and seed quality of maize under Mediterranean conditions. *Scientific Reports*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78034-6>
- Fathololomi S, Asghari Sh and Goli Kalanpal E. 2015. Effects of municipal sewage sludge on the concentration of macronutrients in soil and plant and some agronomic traits of wheat. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(2):49-70.
- Ghanbari M, Mkhtassi-Bidgoli A, Mansour Ghanaei-Pashaki, K and Talebi-Siah Saran P. 2021. The study of yield and physiological characteristics of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in response to bio-fertilizers and different irrigation regimes. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(1): 23-37. (In Persian).
- Gravel V, Antoun H and Tweddell RJ. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of indole acetic acid (IAA). *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 1968-1977.
- Gupta PK. 2008. Vermicomposting for sustainable Agriculture. Publication of Agrobios.
- Harman GE. 2011. Trichoderma- not just for biocontrol anymore. *Phytoparasitica*, 39:103-108.
- Habibi S and Majidian M. 2014. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermi-compost on yield and quality of sweet corn (*zea mays* hybrid chase). *Journal of Crop Production and Processing*. 4(11):15-26. (In Persian).
- Ibrahim M, Hassan AU, Arshad M and Tanveer A. 2010. Variation in root growth and nutrient element concentration in wheat and rice: effect of rate and type of organic materials. *Soil and Environment*. 29: 47-52.
- Jiang D and Hengsdijk H. 2006. Long-term effects of manure and inorganic fertilizers on yield and soil fertility for a winter Wheat-Maize system in Jiangsu, China. *Soil Science Society of China*, 16: 25-32.
- Kheyri N, Niknejad Y and Abbasalipour M. 2018. The effects of using organic and biological fertilizer along with lower rate of chemical nitrogen fertilizer on quality and quantity of rice yield. *Journal of Crop Ecophysiology*, 12(3): 445-460. (In Persian).
- Nakisa N, Besharati H and Doroudian H. 2015. Effect of *Bacillus subtilis* and TSP on Yield and Yield Components of Two Rice Varieties (Ali Kazemy and Hashemy). *Iranian Journal of Soil Research*, 29(3): 259-268. (In Persian).

- Mamnabia S, Nasrollahzadeh S, Ghassemi-Golezani G and Raei Y. 2020. Morpho-physiological traits, grain and oil yield of rapeseed (*brassica napus* L.) affected by drought stress and chemical and bio-fertilizers. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 30(3): 359-378. (In Persian).
- Marashi S and Zadehomidi F. 2019. Effect of amount of sugarcane compost and nitrogen on quantitative and qualitative yield of corn (*Zea mays* L.). Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 14(54): 12-20. (In Persian).
- Mirzashahi K and Saadat S. 2010. Effect of organic amendments on canola yield and some soil properties in the north of Khuzestan. Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences), 24(1): 21-29. (In Persian).
- Mohammadi Kashka F, Pirdashti H, Yaghoobian Y and Bakhshandeh, E. 2018. The Role of Trichoderma and Enterobacter Inoculation on Improving Wheat Yield in Different Levels of Phosphorus Fertilizer. Journal of Agroecology, 10(2): 430-443. (In Persian).
- Mohammadpour Vashvaei, R, Ramroudi M, and Fakheri BA. 2017. Effects of drought stress and bio-fertilizer inoculation on quantitative and qualitative characteristics of marian thistle (*Silybum marianum* L.). Journal of Agroecology. 9(1): 31-49. (In Persian).
- Movaghatian A, Fateh E, Ayneband A and Siahpoosh A. 2015. Effect of different soil fertilizing methods on soil properties, nutrient uptake and quantitative and qualitative yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 31(3):512-526. (In Persian).
- Radhakrishnan R, Hashem A and Abd_Allah EF. 2017. Bacillus: A Biological Tool for Crop Improvement through Bio-Molecular Changes in Adverse Environments. Frontiers in Microbiology, 8: 667.
- Raei Y, Eshaghi Sardrood S, Bagheri pirooz A. 2013. The effects of chemical and biological fertilizers application on forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yields of different harvests. Journal of Agroecology, 5(3): 231-242. (In Persian).
- Rudresh DL, Shivaprakash MK and Prasad RD. 2005. Tricalcium phosphate solubilizing abilities of Trichoderma spp. in relation to P uptake and growth and yield parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Canadian Journal of Microbiology, 51(3):217-22.
- Rui-Xia L, Feng C, Guan P, Qi-Rong S, Rong L. and Wei C. 2015. Solubilization of phosphate and micronutrients by *Trichoderma harzianum* and its relationship with the promotion of tomato plant growth. Plos One, 25: 1-16.
- Safi S, Moshatati A, Gharineh M and khodaei jaghan A. 2022. The Effect of sugarcane residue compost on growth and grain yield of triticale under irrigation cut off stress. Plant Productions, 45(2): 253-266 (In Persian).
- Salimi Tamalla N, Seraj F, Pirdashti H and Yaghoobian Y. 2014. The effect of seed biopriming by Piriformospora indica and Trichoderma virens on the growth, morphological and physiological parameters of mung bean (*Vigna radiate* L.) seedlings. Iranian Journal of Seed Sciences and Research, 1(2): 67-78. (In Persian).
- Selim KA, El-Beih AA, AbdEl-Rahman TM and El-Diwany AI. 2012. Biology of endophytic fungi. Current Research in Environmental and Applied Mycology, 2(1): 31-82.
- Sharma P, Patel AN, Saini MK and Deep S. 2012. Field demonstration of *Trichoderma harzianum* as a plant growth promoter in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Science, 4: 65-73.
- Singh V, Singh PN, Yadav RL, Awasthi SK, Joshi BB, Singh RK, Lal RJ and Duttamajumder SK. 2010. Increasing the efficacy of Trichoderma harzianum for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. Journal of Horticulture and Forestry, 2(4): 66-71.
- Taghavi Ghasemkheyli F, Pirdashti H, Tajick Ghanbary M and Bahmanyar, M. 2014. Effect of *trichoderma harzianum* on wheat (*triticum aestivum* L.) grain yield under different levels of cadmium nitrate. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(3):454-462. (In Persian).

- Tahhami Zarandi S, Rezvani Moghaddam P and Jahan M. 2014. Evaluation the effects of organic, biological and chemical fertilizers on morphological traits, yield and yield components of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 12(4): 543-553. (In Persian).
- Tripathi P, Singh PC, Mishra A, Tripathi RD and Nautiyal C.S. 2015. Trichoderma inoculation augments grain amino acids and mineral nutrients by modulating arsenic speciation and accumulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Ecotoxicology and Environmental Safety, 117: 72-80.
- Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe, E, Puente L and Martínez, EA. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(15): 2541-2547.
- Yadav A, Yadav K and Aggarwal A. 2015. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi with *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* on growth, yield and oil content in *Helianthus annuus* (L.). Journal of Essential Oil Bearing Plants, 18: 444-454.
- Younesi S, Asgharzadeh A and Darvish Kojouri F. 2016. Evaluation of plant growth promoting characteristics of some strains of Bacillus Bacteria. Proceedings of the 2nd. International conference on Agricultural engineering and Natural Resources. Tehran. Iran. (In Persian).