

اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات فیزیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد گیاه کینوا

مهدی امیریوسفی^۱، محمودرضا تدین^{۲*} و رحیم ابراهیمی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۸)

چکیده

به منظور بررسی اثر توأم کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در منطقه دستگرد (برخوار) اصفهان اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل کود شیمیایی در چهار سطح (شاهد، کود شیمیایی اوره، کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل و تلفیق کود شیمیایی اوره و سوپر فسفات تریپل) و کود زیستی در چهار سطح (عدم تلقیح با کود زیستی، تلقیح با نیتروکسین، تلقیح با بیوفسفر و تلقیح توأم با نیتروکسین و بیوفسفر) بود. نتایج نشان داد که اثر برهم کنش تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی بر شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و اجزای عملکرد شامل تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه گیاه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. تیمار تلفیق کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات بیشترین تأثیر را بر عملکرد بیولوژیک کینوا داشت. در مجموع نتایج نشان داد منابع کودی نیتروژن اثر معنی داری بر صفات ارتفاع بوته، میزان کلروفیل و تعداد خوشه در مترمربع داشتند و منابع کودی فسفر موجود در پژوهش نیز بیشترین تأثیر را بر صفات شاخص سطح برگ، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کینوا داشتند که این موضوع را می‌توان با تأثیر بیشتر نیتروژن بر مرحله رویشی و نقش فیزیولوژیک فسفر در تشکیل گل و دانه‌بندی کینوا مرتبط دانست. در این پژوهش کاربرد تلفیقی کودهای زیستی به همراه تمام تیمارهای کود شیمیایی مورد استفاده، باعث افزایش عملکرد گیاه کینوا نسبت به تیمار شاهد شد. از این رو استفاده از کودهای زیستی به عنوان مکمل‌های غذایی را می‌توان به عنوان راهکاری کاربردی برای مصرف بهینه و متعادل کودهای شیمیایی در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار در زراعت کینوا معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن، فسفر، شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، کینوا

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

۳. استاد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mrtadayon@yahoo.com

مقدمه

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd. گیاهی یک‌ساله، پهن‌برگ، با ارتفاع یک تا دو متر است که از آمریکای لاتین منشأ گرفته است. کینوا به‌عنوان گیاهی پروتئینی شناخته می‌شود و از معدود گیاهانی است که می‌تواند تا حدی پروتئین کامل بدن انسان را تأمین کند و تمامی آمینو اسیدهای مورد نیاز برای سلامتی بدن انسان را فراهم آورد به‌نحوی که ارزش غذایی بالای دانه کینوا موجب مقایسه آن با شیر خشک توسط سازمان خواروبار جهانی شده است. با وجود ارزش تغذیه‌ای بسیار بالا، گزارش شده است که این گیاه مقاومت زیادی نیز در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیر زنده مانند سرما، شوری و خشکی دارد و در نتیجه جایگزینی مطلوب برای گیاهانی مانند برنج است (۲۹).

مدیریت مصرف انواع کودهای شیمیایی و آلی و بقایای آنها در خاک از لحاظ تأثیرات زیست‌محیطی و عملکرد گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران دارای اهمیت است. کودهای شیمیایی از طریق تأمین سریع نیازهای غذایی گیاهان، باعث افزایش چشمگیر رشد و عملکرد می‌شوند. به‌طوری که امروزه استفاده بی‌رویه از انواع کودهای شیمیایی در دنیا رواج یافته و به‌دنبال آن مخاطرات بهداشتی و زیست‌محیطی فراوانی ایجاد کرده است (۳۲). با وجود اینکه کودهای شیمیایی از عوامل اصلی حفظ حاصلخیزی خاک به‌شمار می‌روند، کاربرد زیاد آنها به‌همراه عملیات مدیریتی نامناسب، سبب شده که مقدار ماده آلی خاک به‌دلیل تجزیه سریع، کاهش یابد و برای تأمین نیاز غذایی گیاهان گرایش به‌سمت مصرف کودهای غیرشیمیایی صورت پذیرد و تولید کودهای آلی مورد توجه جدی قرار گیرد. کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده با تراکم زیاد از یک یا چند نوع میکروارگانیزم مفید خاکزی و یا به‌صورت فرآورده متابولیت این موجودات هستند که در ناحیه اطراف ریشه (*Rhizosphere*) و یا بخش‌های داخلی گیاه تشکیل کلونی داده و رشد گیاه میزبان را با روش‌های مختلف تحریک می‌کنند. کودهای زیستی در برخی

موارد به‌عنوان جایگزین و در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (۱۵). این کودها بیش از یک نقش کارکردی دارند، یعنی علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص، باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی می‌شوند (۳۱). کمیت و کیفیت گیاهان زراعی تا حد زیادی تحت تأثیر حاصلخیزی خاک و عناصر غذایی است اما هماهنگ‌سازی نیاز گیاه با عرضه عناصر غذایی بسیار مشکل است، به‌ویژه اگر عناصر غذایی فقط از منابعی تأمین شوند که چرخه آنها نیازمند واسطه‌گری میکروارگانیزم‌ها و مضمول تجزیه طیفی از مواد آلی متنوع باشد. با وجود این به‌نظر می‌رسد که در نظام‌های کشتی که از هر دو راهکار کاربرد کودهای شیمیایی و آلی استفاده می‌کنند، کارایی بهینه استفاده از عناصر غذایی افزایش می‌یابد (۸). بنا به گزارش گوما (۱۴) کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن و فسفر ضمن کاهش دادن مصرف کودهای شیمیایی موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در گیاه کینوا شده، اما کاربرد تلفیقی کودهای زیستی بدون استفاده از کودهای شیمیایی تنها موجب افزایش معنی‌دار صفات رویشی کینوا از جمله ارتفاع بوته و تعداد برگ‌ها در بوته شده است. همچنین گزارش شده که کاربرد منابع کودی مختلف نیتروژن و فسفر (شیمیایی و آلی) به‌دلیل نقش اساسی که این عناصر در فرایندهای فتوسنتزی، ساخت پروتئین‌ها و تولید کربوهیدرات‌ها ایفا می‌کنند، موجب افزایش عملکرد در گیاه کینوا شده است (۹). سانگوانساک (۲۳) در پژوهش خود با عنوان تأثیر منابع مختلف کود نیتروژن بر ویژگی‌های رشدی و کیفیت دانه کینوا گزارش کرد که کاربرد سطوح پایین کود شیمیایی نیتروژن (۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌همراه کود زیستی نیتروژن بیشترین تأثیر را بر افزایش معنی‌دار عملکرد دانه کینوا داشته است درحالی که کاربرد سطوح بالای

عمق نمونه برداری (سانتی متر)	بافت	نیترژن (درصد)	ماده آلی (درصد)	فسفر (میلی گرم در لیتر)	پتاسیم (میلی گرم در لیتر)	روی	pHe	EC _e (دسی زیمنس بر متر)
۰-۳۰	لومی شنی	۰/۱۲	۰/۵۹	۹/۳	۳۳۵	۰/۶۳	۷/۴	۲/۹۱

کود شیمیایی نیترژن (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب افزایش حداکثری صفات رویشی از جمله ارتفاع بوته شده است. نتایج مطالعه گوما (۱۴) نیز نشان داد، تیمار کاربرد کودهای زیستی به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیترژن موجب افزایش معنی دار صفات وزن خشک بوته، ارتفاع بوته، تعداد خوشه در مترمربع، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه کینوا شده است. گیاه کینوا به تازگی از طرف وزارت جهاد کشاورزی برای کشت در مناطق شور و با محدودیت تأمین آب کافی، توصیه شده است اما اطلاعات زیادی در مورد ویژگی‌های رشد و نمو و نیاز تغذیه‌ای (کودی) این گیاه در کشور در دسترس نیست. از آنجایی که قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک تحت تأثیر تنش‌های محیطی، تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌یابد، مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش یکی از مسائل مهم در تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود از این رو، هدف از این مطالعه دستیابی به اطلاعات دقیق، در مورد واکنش این گیاه به کودهای زیستی و شیمیایی، همچنین بررسی اثرهای ساده و ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا رقم ساجاما بوده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا رقم ساجاما پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه‌ای واقع در منطقه دستگرد (برخوار) اصفهان (طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه و با ۱۵۷۲ متر ارتفاع از سطح دریا) در سال زراعی

۱۳۹۶-۱۳۹۷ انجام شد. برای انجام این پژوهش بذر رقم ساجاما از شرکت کیان تجارت سانا استان گلستان تهیه شد. تیمارهای این آزمایش شامل: کودهای شیمیایی در چهار سطح: (شاهد (بدون کود)، کود شیمیایی نیترژنی، کود شیمیایی فسفردار، تلفیق کود شیمیایی نیترژنی و کود شیمیایی فسفردار) و فاکتور دوم کودهای زیستی شامل چهار تیمار: (شاهد (بدون کود زیستی)، نیتروکسین، بیوفسفر و تلفیق نیتروکسین و بیوفسفر) بود. برای تأمین عناصر مورد نیاز گیاه بر اساس نتایج آنالیز خاک (جدول ۱)، نیترژن به صورت کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود فسفر به صورت سوپر فسفات تریپل به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شد (۱۱). کود زیستی نیتروکسین (حاوی غلظت‌های مختلف از باکتری‌های ازوتوباکتر، آزوسپریلوم و باکتری‌های محرک رشد که باعث جذب نیترژن خاک توسط گیاه می‌شود) و کود زیستی بیوفسفر (باکتری‌های موجود در آن حاوی باکتری‌هایی از جنس باسیلوس و سودوموناس که باعث جذب فسفر خاک توسط گیاه می‌شوند) که از شرکت زیست‌فناوری فرزندگان خریداری شده بودند، بر اساس توصیه شرکت سازنده (مصرف یک لیتر در هکتار)، هنگام کشت به صورت بذر مال مصرف شدند. تمامی کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل و ۵۰ درصد کود نیترژن قبل از کاشت به زمین اضافه شد. ۵۰ درصد باقیمانده کود نیترژن قبل از گلدهی استفاده شد (۱۰). برای سنجش دقیق اثر عناصر غذایی مورد آزمایش، قبل از کاشت به همه کرت‌ها بر اساس آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه و نیاز غذایی کینوا، سایر عناصر و کودهای توصیه شده شامل: ۱- عنصر روی به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کودی سولفات روی ۲- معادل ۲۰ تن در هکتار کود گاوی کاملاً پوسیده شده اضافه

شد. هر واحد آزمایشی در این مطالعه شامل شش ردیف کاشت پنج متری با فاصله ردیف ۳۰ سانتی متر و فاصله بوته در ردیف ۱۰ سانتی متر بود که تراکم بوته‌ای معادل ۳۳ بوته در مترمربع ایجاد شد رقم ساجاما در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه به‌روش خشکه‌کاری و با دست کشت شد. آبیاری نیز بر اساس عرف منطقه صورت گرفت. شاخص سطح برگ بیان‌کننده سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه زراعی است، در زمان گل‌دهی، تعداد برگ‌های سه بوته جدا و با عکسبرداری و استفاده از نرم‌افزار Image Processor مساحت برگ‌ها اندازه‌گیری و شاخص سطح برگ از نسبت سطح برگ هر بوته به سطح زمینی که توسط آن اشغال شده است محاسبه شد (۶). برای سنجش میزان کلروفیل، ابتدا ۱/۱ گرم از بافت تازه برگ توزین شد، سپس در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده و پس از صاف کردن به لوله آزمایش منتقل و با استفاده از اسپکتروفتومتری VIS-UV مدل GV۲۲۰، جذب محلول در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد (استون ۸۰ درصد نیز به‌عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری اسپکتروفتومتر استفاده شد (۱۶)). در برداشت نهایی، بوته‌های برداشت شده از یک مترمربع وزن و عملکرد بیولوژیک تعیین شد. پس از آن دانه‌ها را از کاه و کلش جدا کرده و عملکرد دانه در مساحت برداشت شده محاسبه شد. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT - C نسخه ۱۰/۲ مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین‌ها به‌وسیله آزمون LSD محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. برای رسم شکل‌ها از برنامه Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع گیاه کینوا در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی قرار گرفت. اما برهم‌کنش بین این تیمارها بر این صفت

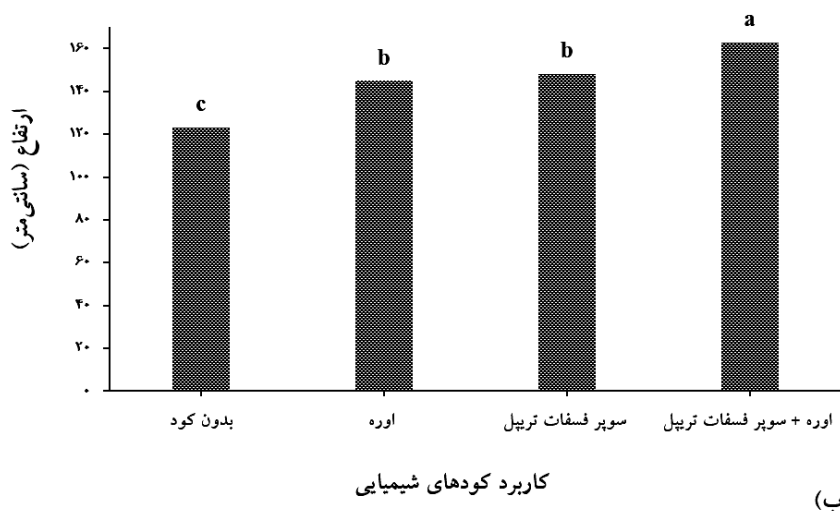
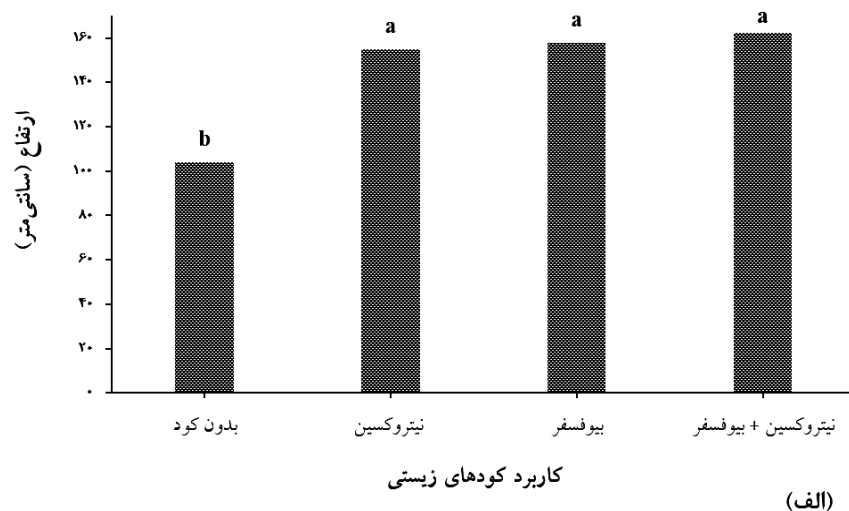
تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای کود زیستی بر ارتفاع بوته کینوا نشان داد که تمامی تیمارهای کود زیستی ارتفاع بوته کینوا را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. تیمار تلقیح توأم بذرها با کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، ارتفاع بوته کینوا را ۵۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد، اما از لحاظ آماری با تیمارهای کاربرد مجزای هر یک از کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر تفاوت معنی‌داری نداشت. (شکل ۱- الف). تمام تیمارهای کود شیمیایی مورد استفاده نیز اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان دادند و تیمار کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل توانست ارتفاع بوته را ۳۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد و کاربرد مجزای هر یک از کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات در گروه دوم آماری قرار گرفتند (شکل ۱- ب). گرین (۱۲) در بررسی تأثیر کود شیمیایی نیتروژن بر گیاه کینوا گزارش کرد که تیمار شاهد به‌علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بود، درحالی که میزان مواد غذایی در تیمارهای کود شیمیایی مورد استفاده برای رشد رویشی گیاه مناسب بود و کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به‌صورت سرک، باعث افزایش ۳۴ درصدی ارتفاع بوته کینوا نسبت به تیمار شاهد شده است.

فاوی و همکاران (۹) نیز با بررسی تأثیر کودهای آلی و سطوح مختلف کود نیتروژن بر رشد و عملکرد کینوا گزارش کردند که مصرف کود شیمیایی نیتروژن به اندازه نیاز توصیه شده آن در خاک موجب افزایش ۳۸ درصدی ارتفاع بوته کینوا شده است. در مورد برنج نیز گزارش شده که مصرف کود شیمیایی کامل به‌دلیل بهبود شرایط تغذیه‌ای و فراهم شدن عناصر مورد نیاز رشد گیاه، سبب افزایش ارتفاع بوته شده است (۱۰). صادقی و همکاران (۲۲) با بررسی تأثیر کودهای زیستی و مدیریت حاصلخیزی خاک بر شاخص‌های رشدی دو رقم ذرت علوفه‌ای گزارش کردند که کودهای زیستی از طریق افزایش فعالیت‌های بیولوژیک و بالابردن ظرفیت تبادل کاتیونی، موجب بهبود ساختمان خاک می‌شوند. این عامل (بهبود ساختمان

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا

مقایسه میانگین													
عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خوشه	تعداد دانه در خوشه	تعداد خوشه در متر مربع	کلروفیل کل	کلروفیل برگ	شاخص سطح برگ	شخص	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۴۳۵ ^{n.s}	۰/۳۵۲ ^{**}	۰/۰۶۷ ^{n.s}	۱۹۸/۰۸۳ ^{n.s}	۱۳۱۹۵/۳۱۲ ^{**}	۱۰/۹۳ ^{**}	۰/۰۶ ^{n.s}	۱۳۶/۸۹۵ ^{n.s}	۲	تکرار				
۳/۴۸۳ ^{**}	۳/۰۶۶ ^{**}	۲۷/۰۴ ^{**}	۸۷۹/۸۴۳ ^{**}	۴۳۵۱۶/۹۷۳ ^{**}	۵۲/۰۱ ^{**}	**۱/۹۰	۸۹۳۷/۴۳ ^{**}	۳	کود زیستی (d)				
۱۱/۸۹۶ ^{**}	۶/۳۶ ^{**}	۰/۵۵۶ ^{**}	۳۹۳۷۹/۰۹ ^{**}	۱۱۱۰۲۵/۶۹۴ ^{**}	۴۱/۸۹ ^{**}	۰/۲۵ ^{**}	۳۲۴۰/۲۴۳ ^{**}	۳	کود شیمیایی (b)				
۰/۴۴۹ ^{n.s}	۰/۱۲۳ [*]	۰/۳۶۱ ^{**}	۶۲۸/۴۲۶ ^{**}	۴۲۲۸/۸۷۹ ^{**}	۳/۱۵ ^{n.s}	۰/۴۳ ^{**}	۱۲۰/۹۸۳ ^{n.s}	۹	a>b				
۰/۱۵۷	۷۴۹۳۳/۸۷	۰/۰۶۰	۸۲/۱۲۷	۵۴/۶۲۳	۱/۷۶	۰/۰۵	۱۰۶/۲۹۵	۳۰	اشتباه آزمایش				
۷/۹۱	۱۳/۱۹	۹/۸۷	۱۲/۵۰۳	۰/۶۶	۵/۶۲	۷	۷/۱۲	-	ضریب تغییرات				

ns و *، ** به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیر معنی دار است.



شکل ۱. تأثیر: الف) کودهای زیستی و ب) کودهای شیمیایی بر ارتفاع بوته کینوا رقم ساجاما

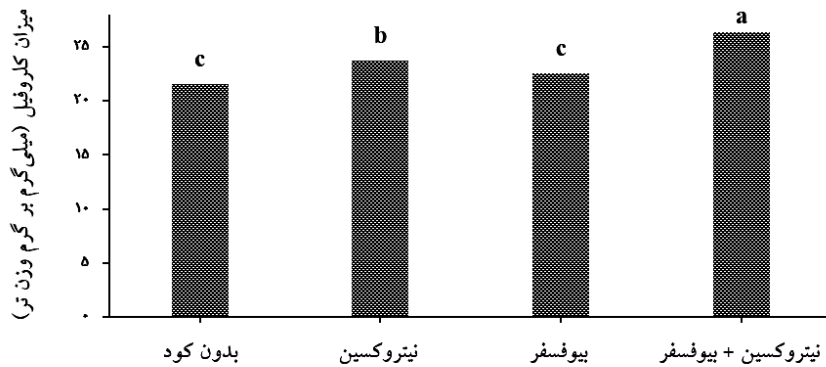
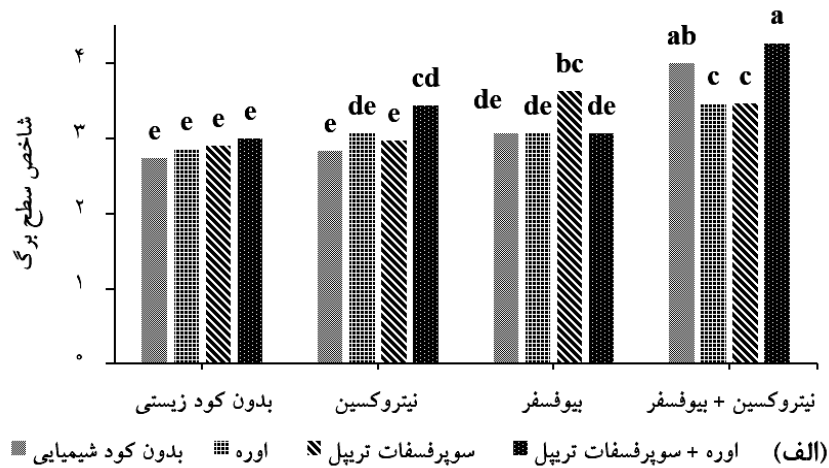
(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون LSD محافظت شده در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

سطح برگ کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد کمترین شاخص سطح برگ (۲/۷۳) مربوط به تیمار شاهد و بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۲۶) نیز مربوط به تیمار کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل همراه با تلقیح بذرها با هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بود، که این تیمار از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار تلقیح بذرها با هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بدون کاربرد کودهای شیمیایی نداشت (شکل ۲-الف). نتایج نشان می‌دهد شاخص سطح برگ در کینوا تأثیرپذیری بالایی از کودهای زیستی دارد. افزایش

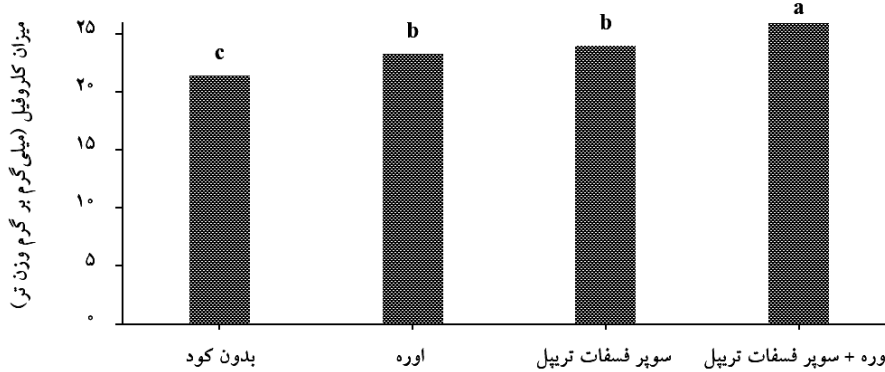
ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک را افزایش داده و شرایط مناسب‌تری برای رشد گیاه فراهم می‌کند (۲۲). گزارش شده که باکتری‌های حل‌کننده فسفر و تثبیت‌کننده نیتروژن با افزایش میزان حلالیت فسفر و جذب آن توسط گیاه و همچنین تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد سبب افزایش رشد بوته‌های کلزا شده‌اند (۳۴).

شاخص سطح برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر برهم‌کنش تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی بر شاخص



کاربرد کودهای زیستی (ب-۱)



کاربرد کودهای شیمیایی (ب-۲)

شکل ۲. الف) اثر برهم کنش تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی بر شاخص سطح برگ کینوا رقم ساجاما، ب-۱) تأثیر کودهای زیستی و ب-۲) کودهای شیمیایی بر میزان کلروفیل کل در برگ کینوا رقم ساجاما (میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون LSD محافظت شده در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

سطح برگ تعیین کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است و تغییر در سطح برگ که تحت تأثیر ژنوتیپ، تراکم بوته، آب و هوا و حاصلخیزی خاک قرار دارد بر عملکرد دانه نیز تأثیر خواهد گذاشت (۱۳). بسرا و همکاران (۳) با بررسی تأثیر سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن بر ژنوتیپ‌های مختلف کینوا گزارش کردند که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به اندازه میزان توصیه شده برای خاک موجب افزایش معنی‌دار سطح برگ کینوا می‌شود که این گزارش با یافته‌های پژوهش فوق مطابقت دارد. بیالیس و همکاران (۵) نیز تأثیر منابع مختلف کود آلی را بر افزایش شاخص سطح برگ کینوا معنی‌دار گزارش کردند. افزایش شاخص سطح برگ در تیمارهای کاربرد تلفیقی کودهای نیتروژن و فسفر در گیاهان زراعی از جمله گندم (۳۵) و ذرت (۳۱) نیز گزارش شده است. چنین به نظر می‌رسد که مصرف کودهای آلی با تأثیر مثبت بر ویژگی‌های خاک، شرایط ریزوسفر را برای رشد بوته‌ها بهبود بخشیده که این موضوع از طریق افزایش و تحریک رشد گیاه، افزایش سطح برگ را به دنبال داشته است. از طرفی منابع کودی فسفر موجود در پژوهش نیز تأثیر زیادی بر شاخص سطح برگ کینوا داشته است به نحوی که تیمار کاربرد کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل به همراه تلفیق بذرها با کود زیستی بیوفسفر برای این صفت در گروه دوم آماری قرار گرفت (شکل ۲- الف). با وجود این، پانایوتا و همکاران (۱۹) اثر منابع مختلف کودی را بر شاخص سطح برگ کینوا معنی‌دار گزارش نکردند. گزارش شده که اضافه کردن فسفر موجب بالارفتن تعداد و طول ساقه‌ها در گیاهان زراعی شده که در پی آن تعداد برگ‌های موجود روی ساقه‌ها و در نهایت شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد (۲۰). به نظر می‌رسد فسفر با مشارکت در فرایندهای رشدی و تقسیم سلولی سبب گسترش سطح برگ شده و به دنبال آن تولید مواد فتوسنتزی و افزایش عملکرد را به همراه داشته است.

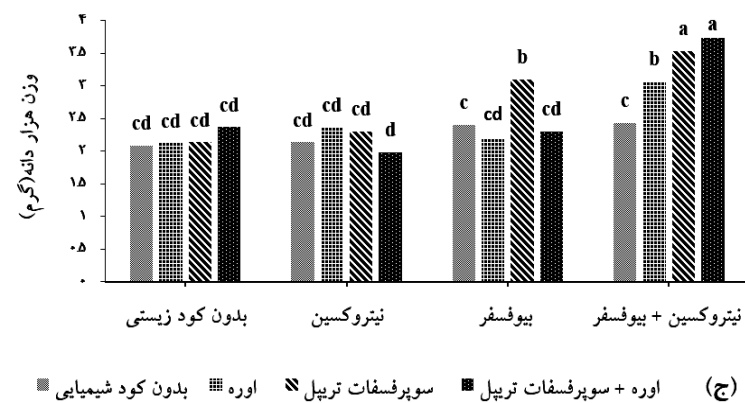
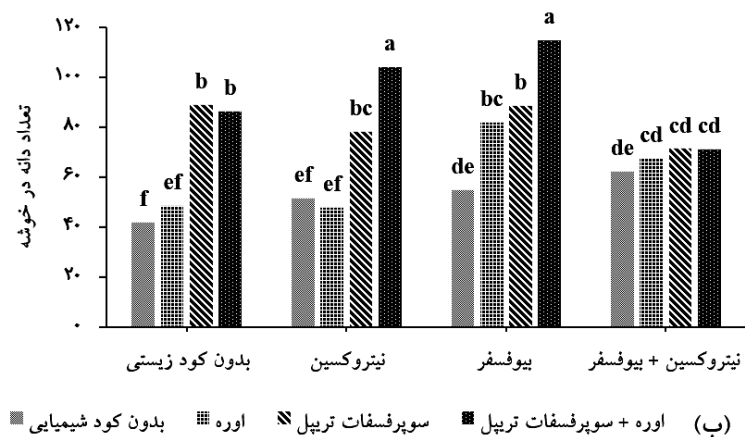
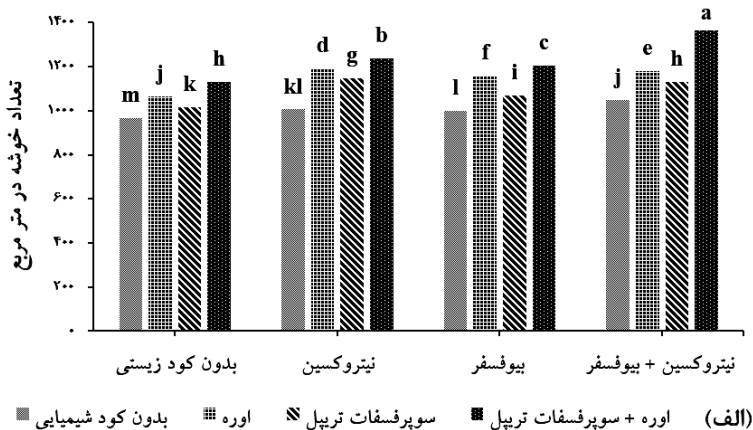
میزان کلروفیل کل

تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی با احتمال یک درصد

موجب اختلاف معنی‌دار در میزان کلروفیل کینوا شدند اما اثر برهم‌کنش این تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارهای کود زیستی حاوی نیتروکسین بیشترین تأثیر را بر افزایش میزان کلروفیل گیاه کینوا داشتند به نحوی که بالاترین میزان کلروفیل در تیمار تلفیق توأم بذرها با هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و پس از آن تیمار تلفیق بذرها با کود زیستی نیتروکسین به ترتیب برابر با ۲۶/۴۱ و ۲۳/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ حاصل شده است (شکل ۲- ب- ۱). در نتیجه به نظر می‌رسد اثر کودهای بیولوژیک بر افزایش کلروفیل برگ، به‌طور اساسی از طریق بهبود جذب نیتروژن و افزایش نیتروژن برگ صورت پذیرفته باشد، که از یک سو باعث فراهمی پیش‌سازهای کلروفیل شده و از سوی دیگر ممکن است باعث افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به‌عنوان پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست شده باشد. در بین کودهای شیمیایی (شکل ۲- ب- ۲) نیز بیشترین میزان کلروفیل در کاربرد تلفیقی اوره با سوپرفسفات تریپل به میزان ۲۵/۹۴ حاصل شده است. در پژوهشی تأثیر کودهای شیمیایی بر افزایش میزان کلروفیل ارقام کینوا مثبت گزارش شده است (۱۶). قیمره و همکاران (۱۳) نیز در پژوهش روی ارقام مختلف ذرت، اثر کود شیمیایی را بر افزایش غلظت کلروفیل ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار گزارش کردند. بسرا و همکاران (۳) در بیان علت افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل کینوا در اثر کاربرد کود شیمیایی نیتروژن نسبت به تیمار شاهد، گزارش کردند که نیتروژن برگ تحت تأثیر کود شیمیایی نیتروژن افزایش می‌یابد و این موضوع افزایش محتوای کلروفیل برگ را به همراه دارد.

تعداد خوشه در مترمربع

تعداد خوشه در مترمربع در گیاه کینوا تحت تأثیر کود شیمیایی، کود زیستی و اثر برهم‌کنش کود شیمیایی و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همان‌طور که در شکل ۳- الف مشاهده می‌شود، در تمامی سطوح کود



شکل ۳. اثر برهم‌کنش تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی بر: الف) تعداد خوشه در متر مربع،

ب) تعداد دانه در خوشه و ج) وزن هزار دانه کینوا رقم ساجاما

(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون LSD محافظت شده در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

برخوردار بودند و کاربرد کود شیمیایی نیتروژن در کلیه سطوح کود زیستی در گروه دوم آماری قرار گرفت. به‌نحوی که

زیستی، تیمارهایی که تلفیق کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر را دریافت کرده بودند از تعداد خوشه (در مترمربع) بیشتری

افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب مواد غذایی گزارش کردند.

تعداد دانه در خوشه

تعداد دانه در خوشه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و هر یک از اثرات ساده کاربرد کود شیمیایی و تلقیح کود زیستی و اثر برهم‌کنش این تیمارها بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در خوشه (۱۱۵ عدد دانه) در تیمار تلقیح بذرها با کود زیستی بیوفسفر به‌همراه کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل مشاهده شد و کمترین تعداد دانه در خوشه (۴۱/۶۶ عدد دانه) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۳-ب). در تیمارهایی که بذرها فقط با یک نوع کود زیستی (نیتروکسین یا بیوفسفر) تلقیح شده بودند، کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر تعداد دانه در خوشه را به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها در همان سطوح کود زیستی افزایش داد. اما در تیمارهای عدم تلقیح کود زیستی و تیمارهایی که بذرها به‌طور همزمان با هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر تلقیح شده بودند، افزایش تعداد دانه در خوشه در اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی اختلاف معنی‌داری با تیمار کاربرد کود شیمیایی سوپرفسفات به‌تنهایی نداشت (شکل ۳-ب). گوما (۱۴) نیز مصرف باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا را مثبت ارزیابی و بیان کرد که وجود باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر با توجه به نقشی که فسفر در تحریک رشد زایشی و تشکیل دانه در گیاه ایفا می‌کند باعث افزایش تعداد دانه در خوشه شده است. اسید ایندول استیک در کنار سیتوکنین که توسط کودهای زیستی تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به‌نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌شود (۸). به‌نحوی که تلقیح کود زیستی به‌همراه کاربرد کود شیمیایی فسفر در گیاه

بیشترین تعداد خوشه با میانگین ۱۳۶۵ عدد خوشه در مترمربع، مربوط به تیمار کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و تلقیح بذرها با هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و کمترین تعداد خوشه (۹۶۸ عدد خوشه در مترمربع) مربوط به تیمار شاهد یا عدم مصرف کود بود (شکل ۳-الف). گارسیا و همکاران (۱۱) در پژوهش خود روی ارقام مختلف کینوا گزارش کردند که مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌دلیل کارکردهای متعددی که نیتروژن در گیاه دارد باعث افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد گیاه کینوا از جمله تعداد خوشه در مترمربع می‌شود. مصرف کود نیتروژن از طریق بهبود فعالیت کودهای زیستی و نیز فراهم شدن جذب بیشتر مواد غذایی سبب افزایش میزان فتوسنتز می‌شود که این مسئله در نهایت به افزایش تعداد سنبله و گلدهی می‌انجامد. گوما (۱۴) با بررسی اثر کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن و فسفر گزارش کرد که مصرف همزمان کود شیمیایی و کودهای زیستی به‌دلیل تأمین عناصر مورد نیاز گیاه در طی دوره رشد و همچنین بهبود فرایندهای فتوسنتزی، سبب افزایش تعداد خوشه در مترمربع در گیاه کینوا شده است. گرین (۱۲) نیز با بررسی تأثیر سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا گزارش کرد که کود شیمیایی نیتروژن باعث فراهمی بیشتر مواد غذایی در طول دوره رشد می‌شود و از این طریق تعداد خوشه در واحد سطح را افزایش می‌دهد. بسرا و همکاران (۳) دلیل افزایش تعداد خوشه در واحد سطح کینوا در اثر کاربرد کود شیمیایی نیتروژن را به نقش این عنصر در انتقال فتوآسمیلات‌های تولید شده از منبع (قسمت‌های رویشی) به مخزن (قسمت‌های زایشی) نسبت دادند. این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. نتایج مشابهی نیز در مورد تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر تعداد سنبله در مترمربع گندم (۳۵) و تعداد خوشه در مترمربع برنج (۴) گزارش شده است. داداش‌زاده و همکاران نیز (۷) با بررسی تأثیر کودهای زیستی بر مؤلفه‌های پر شدن دانه جو دلیل افزایش تعداد سنبله در واحد سطح در تیمار کود زیستی را ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن،

زیستی داخل خاک مهیا کرده و از طریق جذب مواد غذایی توسط ریشه موجب افزایش وزن هزار دانه در کینوا شده‌اند که این موضوع با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه در اثر تیمار کاربرد همزمان کودهای زیستی و شیمیایی فسفره در گیاهان مختلفی از جمله جو (۷)، لوبیاجیتی (۲۸)، اسفرزه (۲۵) و گیاه دارویی انیسون (۲۷) گزارش شده است. افزایش سطح برگ برای تولید و انتقال ماده فتوسنتزی بیشتر به دانه و همچنین آزادسازی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر از کود آلی در مرحله پر شدن دانه دلیل بالا بودن وزن هزار دانه در سیستم تغذیه تلفیقی نسبت به سیستم آلی و شیمیایی است (۱۷). چنین به نظر می‌رسد عناصر ریزمغذی موجود در کودهای آلی با تأثیر در افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شوند. احتمالاً کاربرد کود شیمیایی، شرایط تغذیه‌ای مناسب را برای تکثیر و فعالیت باکتری‌های موجود در کودهای زیستی فراهم کرده است. گزارش شده که تیمارهای کود زیستی مناسب در مقایسه با تیمار شاهد شیمیایی به‌مراتب شرایط مناسب‌تری را برای بهبود فعالیت‌های زیستی داخل خاک مهیا کرده و از طریق جذب مواد غذایی توسط ریشه موجب افزایش وزن هزار دانه ذرت شده‌اند (۳۱). در مورد کود زیستی بیوفسفر نیز می‌توان گفت احتمالاً کاربرد کود شیمیایی فسفر شرایط تغذیه‌ای مناسب را برای تکثیر و فعالیت باکتری‌های موجود در این کود زیستی فراهم کرده است، زیرا همان‌طور که اشاره شد وجود فسفر کافی در محیط غذایی برای انجام فعالیت باکتری‌های موجود در کود زیستی ضروری است. تیمارهای کود زیستی مناسب در مقایسه با تیمار شاهد شیمیایی شرایط مناسب‌تری را برای بهبود فعالیت‌های زیستی داخل خاک مهیا کرده و از طریق جذب مواد غذایی توسط ریشه موجب افزایش وزن هزار دانه شده‌اند.

عملکرد دانه

عملکرد دانه کینوا تحت تأثیر تیمار کودهای شیمیایی و تیمار کودهای زیستی و برهم‌کنش آنها در سطح احتمال پنج درصد

آفتابگردان سبب افزایش ۱۷ درصدی تعداد دانه در طبق نسبت به تیمار عدم تلقیح شده است (۲۶). گزارش شده به‌طور کلی کودهای زیستی در کنار کود شیمیایی به مقدار مورد نیاز می‌تواند با اثرگذاری مثبت خود بر جذب عناصر ماکرو و ضروری نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز تأثیر روی بهبود توزیع آب در گیاه و افزایش فعالیت نترات ردوکتاز و تأثیر عمده آن در تولید هورمون‌های گیاهی و نقش مؤثر این هورمون‌ها در رشد گیاه باعث افزایش اجزای عملکرد به‌ویژه تعداد دانه می‌شود (۲۸).

وزن هزار دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر کاربرد کودهای شیمیایی، تلقیح بذرها با کودهای زیستی و اثر برهم‌کنش تیماری این دو عامل بر وزن هزار دانه گیاه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه معادل ۳/۴۳ مربوط به تیمار کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی به‌همراه تلقیح بذرها با هردو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بود که از لحاظ آماری با تیمار تلقیح همزمان کودهای زیستی به‌همراه کاربرد کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل تفاوت معنی‌داری نداشت. از طرفی در تیمارهای عدم تلقیح بذرها با کود زیستی همچنین تلقیح بذرها با کود زیستی نیتروکسین، کاربرد کودهای شیمیایی نتوانست باعث افزایش معنی‌دار در وزن هزار دانه کینوا نسبت به تیمار شاهد شود (شکل ۳-ج). گوما (۱۴) با مقایسه تأثیر کودهای نیتروژن و فسفر بر اجزای عملکرد گیاه کینوا بیان کرد که از بین اجزای مختلف عملکرد در گیاه کینوا، وزن هزار دانه بیشترین تأثیر را از کاربرد همزمان منابع مختلف کود فسفر (شیمیایی و زیستی) می‌پذیرد. او بیان کرد که کود شیمیایی فسفر احتمالاً شرایط تغذیه‌ای مناسب را برای تکثیر و فعالیت باکتری‌های موجود در کودهای زیستی فراهم کرده است، زیرا این باکتری برای رشد و نمو و تثبیت نیتروژن نیازمند وجود این عنصر در محیط غذایی هستند. در نتیجه تیمارهای کود زیستی مناسب در مقایسه با تیمار شاهد شیمیایی به‌مراتب شرایط مناسب‌تری را برای بهبود فعالیت‌های

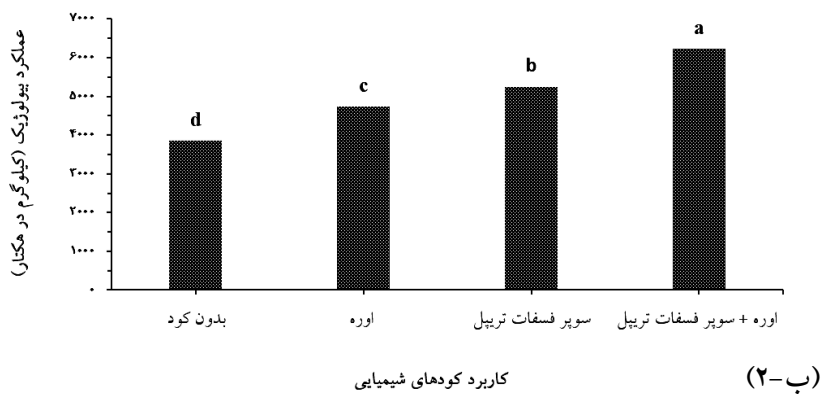
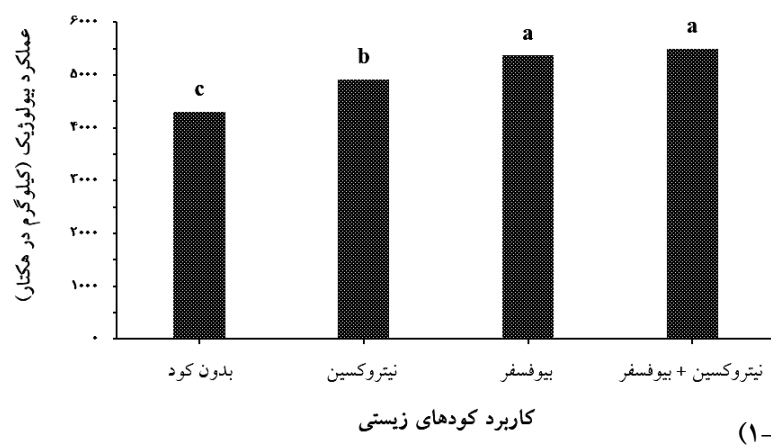
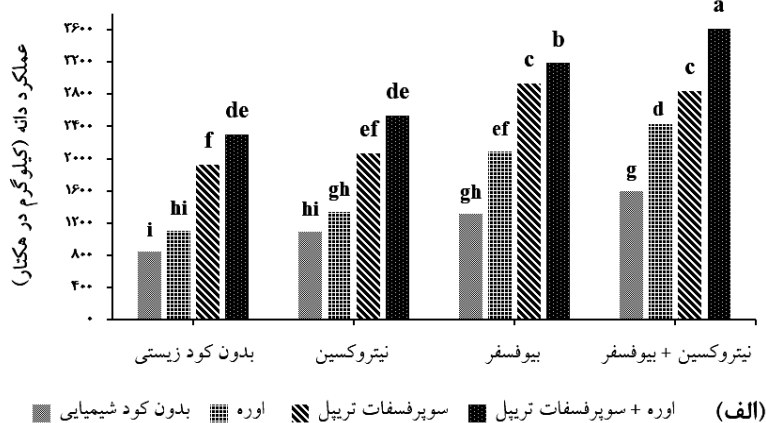
باکتری‌های حل‌کننده فسفات، در حضور فسفر شیمیایی بالا، فسفر بیشتری را در اختیار گیاه قرار می‌دهند و با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین نیتروژن و فسفر وجود دارد، این باکتری‌ها می‌توانند به جذب بیشتر نیتروژن و فسفر توسط گیاه کمک کند (۲۱). به‌طور کلی فسفر نقش کلیدی در فتوسنتز و پرشدن دانه‌ها دارد و از این‌رو سبب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک خواهد شد.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک کینوا تحت تأثیر تیمار کودهای شیمیایی و تیمار کودهای زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ اما برهم‌کنش آنها بر این صفت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر اصلی تیمار کود زیستی بر عملکرد بیولوژیک کینوا نشان داد تمامی تیمارهای کود زیستی مورد استفاده در این پژوهش اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان دادند و بیشترین عملکرد بیولوژیک کینوا در مورد کودهای زیستی مربوط به تیمار تلقیح توأم کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بود که از لحاظ آماری با تیمار تلقیح به‌تنهایی بذرها با کود زیستی بیوفسفر اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-ب-۱). ابوگوچ (۱) نیز در پژوهشی تأثیر کودهای شیمیایی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گیاه کینوا را در سطح احتمال یک درصد مثبت گزارش کرد. همچنین تمامی تیمارهای کود شیمیایی مورد استفاده نیز باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد شدند. به‌نحوی که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل و پس از آن کاربرد مجزای کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل بیشترین تأثیر را بر افزایش عملکرد بیولوژیک کینوا داشتند (شکل ۴-ب-۲). آوادالا و مرسی (۲) گزارش کردند که با افزایش مصرف کود نیتروژن در کینوا، تعداد خوشه در مترمربع، وزن هر دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه افزایش یافته ولی تعداد دانه در خوشه و شاخص برداشت با کاهش همراه بوده است.

معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کودهای شیمیایی و کودهای زیستی بر عملکرد دانه کینوا نشان داد، در تمام سطوح کود زیستی کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل توانست عملکرد دانه کینوا را به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها در همان سطح کود زیستی افزایش دهد. در مجموع نیز بیشترین عملکرد دانه (۳۶۱۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کاربرد کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل همراه با تلقیح بذرها با هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بود. پس از آن نیز تیمار کاربرد تلفیقی کود شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل همراه با تلقیح بذرها با کود زیستی بیوفسفر در گروه دوم آماری قرار گرفت و کمترین مقدار عملکرد دانه (۸۳۹ کیلوگرم در هکتار) نیز مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴-الف). شمس (۲۴) در پژوهشی تأثیر کودهای شیمیایی بر افزایش عملکرد دانه ارقام کینوا را مثبت اعلام کرد. گزارش شده که نیتروژن و فسفر به‌دلیل وظایفی که در فرایندهای حیاتی گیاه دارند نقش اساسی در دستیابی به عملکرد مناسب دارند، به‌همین دلیل مصرف کودهای نیتروژنه و فسفره همراه با کود زیستی سبب افزایش در عملکرد دانه کینوا خواهد شد (۱۴). سانگوانساک (۲۳) در نتیجه بررسی تأثیر کود نیتروژن بر کینوا نشان داد که مصرف نیتروژن در مراحل مختلف رشد کینوا از طریق افزایش تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در هر خوشه، وزن هزار دانه و تجمع بیشتر ماده خشک موجب افزایش عملکرد دانه کینوا شده است.

یانگ و همکاران (۳۳) تأثیر مثبت کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره را بر بهبود فتوسنتز، از دلایل افزایش عملکرد دانه گزارش کردند. مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره سبب افزایش در پنجه‌های بارور شده و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را به‌دنبال خواهد داشت (۱۸). از طرفی کاربرد کود شیمیایی فسفر همراه با تلقیح بذر با کودهای بیولوژیکی فسفره باعث بهبود رشد گیاه و اجزای عملکرد دانه شده و از این طریق سبب افزایش در عملکرد دانه خواهد شد (۳۰). زیرا



شکل ۴. الف) اثر برهم‌کنش تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی بر عملکرد دانه کینوا رقم ساجاما، ب-۱) تأثیر کودهای زیستی و

ب-۲) کودهای شیمیایی بر عملکرد بیولوژیک کینوا رقم ساجاما

(میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون LSD محافظت شده در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

کود فسفر استفاده شده در این پژوهش داشته است (شکل ۴-
 (ب-۱) و (ب-۲). گزارش شده که تیمار کاربرد توأم

در مجموع نتایج مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک کینوا
 حاکی از آن بود که این صفت تأثیرپذیری بسیار بالایی از منابع

زیستی به‌ویژه در شرایط کاربرد تلفیقی آنها، بر عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه کینوا است. به‌نحوی که کاربرد کودهای زیستی با تأثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیولوژی کینوا از جمله شاخص سطح برگ و میزان کلروفیل، احتمالاً موجب افزایش فتوسنتز و از این طریق سبب افزایش عملکرد در این گیاه شده است. اما از آنجایی که تیمار تلفیق کودهای شیمیایی و کودهای زیستی بیشترین تأثیر را بر افزایش عملکرد کینوا داشت، می‌توان اظهار داشت که کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، به‌تنهایی قادر به تأمین کامل عناصر غذایی مورد نیاز این گیاه نیستند ولی اگر همراه با کودهای شیمیایی مورد نیاز، طبق نتایج آزمون خاک استعمال شوند، می‌توانند در بهبود و افزایش عملکرد کینوا مؤثر واقع شوند. بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به‌همراه مصرف کودهای شیمیایی مورد نیاز، مطابق نتایج آزمون خاک برای کشت کینوا در خاک‌ها و شرایط آب‌وهوایی مشابه قابل توصیه است.

کودهای شیمیایی و زیستی فسفر موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کینوا نسبت به تیمار شاهد شده است (۱۴). به‌طور کلی مصرف فسفر سبب افزایش در جذب مواد غذایی و فتوسنتز و حفظ سلامت گیاه در طول دوره رشد شده و به‌همین دلیل انتقال مواد به دانه بیشتر شده و افزایش عملکرد را به‌همراه دارد (۳۱). با توجه به اثر مثبت فسفر در عملکرد دانه و تشکیل گل و دانه‌بندی، می‌توان نتیجه گرفت که تأمین فسفر کافی برای گیاهان زراعی یکی از راهکارهای افزایش عملکرد بیولوژیک محسوب شده و دلیل دیگر را می‌توان به نقش بسیار مهم فسفر در تأمین انرژی (در ساختار ATP) دانست، زیرا برای تثبیت انرژی فراوانی مورد نیاز گیاه است (۳۱).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار کودهای

منابع مورد استفاده

1. Abugoch, L. E. 2017. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Food and Nutrition Research* 58: 1-31.
2. Awadalla, A. and A. S. M. Morsy. 2017. Influence of planting dates and Nitrogen fertilization on the performance of quinoa genotypes under Toshka conditions. *Egyptian Journal of Agronomy* 39(1): 27-40.
3. Basra, S. M. A., S. Iqbal and I. Afzal. 2014. Evaluating the response of Nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. *Journal of Agriculture and Biology* 16: 886- 892.
4. Bagayoko, M. 2012. Effects of plant density, organic matter and Nitrogen rates on rice yields in the system of rice intensification (SRI) in the "office du niger" in Mali. *Journal of Agricultural and Biological Science* 7(8): 620-632.
5. Bilalis, D., I. Kakabouki, A. Karkanis, I. Travlos, V. Triantafyllidis and D. Hela. 2012. Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 40(1): 42-46.
6. Biglouie, M. H., M. H. Assimi and A. R. Jabbarzadeh. 2006. Effect of supplemental irrigation on yield and yield components of flue-cured tobacco. *Iranian Journal of Field Crop Science* 8(2): 184-200. (In Farsi).
7. Dadashzadeh, S., R. Seyed Sharifi and S. Farzaneh. 2018 Effects of bio-fertilizer and nano iron oxide on yield, chlorophyll content and modeling of some components of grain filling period of barley (*Hordeum vulgare* L.) under Salinity Stress Levels. *Iranian Journal of Field Crops Research* 16(2): 493-509. (In Farsi).
8. Ehteshami, S. M. R., M. R. Abbasi and K. Khavazi. 2013. Effect of *Pseudomonas putida* on yield and phosphorus uptake of three forage sorghum cultivars in Varamin. *Soil Biology* 1(2): 133-144. (In Farsi).
9. Fawy, H. A., F. Moharam, A. Hagab and R. Hagab. 2017. Effect of nitrogen fertilization and organic acids on grains productivity and biochemical contents of quinoa plant grown under soil conditions of Ras Sadarsina. *Egyptian Journal of Desert Research* 67(1): 169-183.
10. Gang, Y. Q., Y. Jing, Y. Shao-n, F. Jian-rong, M. Jun-wei, S. Wan-chun, J. Li-na, W. Qiang and W. Jian-mei. 2013. Effects of nitrogen application level on rice nutrient uptake and ammonia volatilization. *Rice Science* 20(2): 139-147.
11. Garcia, M., B. Condori and C. D. Castillo. 2015. Agroecological and agronomic cultural practices of quinoa in South America. *Quinoa: Improvement and Sustainable Production* 25-46.

12. Geren, H. 2015. Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Field Crops* 20(1): 59-64.
13. Ghimire, B., D. Timsina and J. Nepal. 2015. Analysis of chlorophyll content its correlation with yield attributing traits on early varieties of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Maize Research and Development* 1(1): 134-145.
14. Gomaa, E. F. 2013. Effect of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on quinoa plant. *Journal of Applied Sciences Research* 9(8): 5210- 5222.
15. Khorshidi, Y. R., M. R. Ardakani, M. R. Ramezani, K. Khavazi and K. Zargari. 2011. Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) to *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum lipoferum* under different nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 10(3): 387-395.
16. Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Enzymology* 148: 350- 382.
17. Mataei, S., R. Amirnia, M. Tajbakhsh and B. Abdollahi Mandulakani. 2014. Effects of iron, zinc, manganese, and method of their application on phenology, yield and grain quality of sweet corn. *Journal of Crop Production and Processing* 4(11): 231-240.
18. Mosavi, S. B., A. A. Jafarzadeh, M. R. Neishabouri, S. Ostan and V. Feiziasl. 2009. Rye green manure along with nitrogen fertilizer application increases wheat (*Triticum aestivum* L.) production under dryland condition. *International Journal of Agriculture Research* 4(6): 204-212.
19. Panayioti, P., I. Kakabouki, I. Travlos and D. Bilalis 2014. Effect of fertilization on yield and quality of biomass of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and green amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 71(2):288-294.
20. Rezaei Chiyaneh, E., A. Pirzad and A. Farjami. 2014. Effect of nitrogen, phosphorus and sulfur supplier bacteria on seed yield and essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 24(4): 72-83. (In Farsi).
21. Roesty, D., R. Gaur and B. N. Johri. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Journal of Soil Biology* 38: 1111-1120.
22. Sadeghi, S., G. H. Heidari and Y. Sohrabi. 2015. Effect of biological fertilizer and fertilization management on some growth indices of two maize varieties. *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production* 25(3): 43-60. (In Farsi).
23. Sa-nguansak, T. 2004. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen assimilation and seed quality of amaranth (*Amaranthus spp.*) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). MSc thesis. Georg-August-University. Phayao, Thailand.
24. Shams, A. S. 2012. Response of quinoa to nitrogen fertilizer rates under sandy soil conditions. In: Proceeding of 13th International Conference of Agronomy Sciences. Benha, Egypt. pp.195-205.
25. Singh, D., S. Chand, M. Anvar and D. Patra. 2003. Effect of organic and inorganic amendment on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 25: 414- 419.
26. Soleimanzadeh, H., D. Habibi, M. R. Ardakani, F. Paknejad and F. Rejali. 2010. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with *Azotobacter* under different nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 7(3): 265-268.
27. Sonmez, C. 2018. Effect of phosphorus fertilizer on some yield components and quality of different Anise (*Pimpinella anisum* L.) populations. *Journal of Turk Field Crops* 23(2): 100-106.
28. Tanwar, S. P. S., G. L. Sharma and M. S. Chahar. 2002. Effects of phosphorus and biofertilizers on growth and productivity of black gram. *Annals of Agricultural Sciences* 23(3): 491-495.
29. Telahigue, D., L. B. Yahia, F. Aljane, K. Belhouchett and L. Toumi. 2017. Grain yield, biomass productivity and water use efficiency in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under drought stress. *Science of Food and Agriculture* 1: 222- 232.
30. Vance, C. P. 2011. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in world of declining renewable resources. *Journal of Plant Physiology* 127: 390-397.
31. Wu, S. C., Z. H. Cao, Z. G. Li, K. C. Cheung and M. H. Wong. 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K. solubilizer and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125: 155-166.
32. Yadav, R. D., G. L. Keshwa and S. S. Yadva. 2002. Effect of integrated use of urea and sulphur on growth and yield of Isabgol (*Plantago ovata*). *Journal of Medicinal and Aromatic* 25: 668-671.
33. Yang, Y. C., M. Zhang, L. Zheng, D. D. Cheng, M. Liu and Y. Q. Geng. 2011. Controlled release urea improved nitrogen use efficiency, yield, and quality of wheat. *Agronomy Journal* 103(2): 479-485.
34. Yasari, E. and A. M. Patwardhan. 2007. Effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculations and chemical fertilizers

- on growth and productivity of canola. *Asian Journal of Plant Sciences* 6(1): 77-82.
35. Zayed, B. A., W. M. Elkhoby, A. K. Salem, M. Ceesay and N. T. Uphoff. 2013. Effect of integrated nitrogen fertilizer on wheat productivity and soil fertility under saline soil conditions. *Journal of Plant Biology Research* 2(1): 14-24.

Effect of Chemical and Biological Fertilizers on Some Physiological Traits, Yield Components and Yield of Quinoa Plant

M. Amiryousefi¹, M. R. Tadayon^{2*} and R. Ebrahimi³

(Received: April 20-2019; Accepted: July 30-2019)

Abstract

In order to investigate the effects of solitary and combined application of chemical and biological fertilizers on the yield and yield components of quinoa plant, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in Dastgerd (Borkhar), Isfahan, central Iran, during the 2017-2018 growing season. Experimental factors included four levels of Chemical fertilizers [control, urea, triple superphosphate (TSP), and combined urea + TSP fertilizers] and bio-fertilizers at four levels (no inoculation, and inoculations with nitroxin, bio-phosphorus, and combined nitroxin + biophosphorus). Results showed that the interaction effects of chemical and biological fertilizers on leaf area index, grain yield, and yield components (including number of panicles per m², number of grains per panicle, and 1000-grain weight) of quinoa plant were significant at 1% probability level. Combined application of urea and TSP fertilizers had the highest impact on the biological yield. Overall, the results showed that plant height, chlorophyll content and the number of panicles per m² were significantly influenced by nitrogen sources of fertilizers used in this study. The phosphorus fertilizer sources had the highest effects on leaf area index, number of grains per panicle, 1000-grain weight, grain yield, and biological yield, which can be attributed to the greater impact of nitrogen on the increase of prolific panicles and to the marked role of phosphorus in both flower and grain formation. The integrated application of biofertilizers and all of the examined chemical fertilizers treatments increased the yield of quinoa plant compared to the control. Therefore, the application of biofertilizers as supplements can be introduced as a practical approach for optimal and balanced use of chemical fertilizers in order to achieve sustainable agriculture goals in quinoa cultivation.

Keywords: Nitrogen, Phosphorus, Leaf area index, Biological yield, Quinoa

1,2. Ph.D. Student and Professor, Respectively, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

3. Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

*: Corresponding Author, Email: mrtadayon@yahoo.com