نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دوازدهم / شماره سوم / پاییز ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱ تا ۱۵

اثر مایه‌زنی بذر کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) با کودهای زیستی بر سرعت فتوسنتز، عملکرد و توان رقابتی با علف‌های هرز

رامین جوکار فتح‌آبادی[۱] و سید عبدالرضا کاظمینی[۲*]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۷)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر مایه‌زنی بذر کینوا با کودهای زیستی بر سرعت فتوسنتز، عملکرد و توان رقابتی با علف‌های هرز، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل علف‌های هرز در ۳ سطح (حفظ علفهای هرز در تمام فصل رشد، حذف علفهای هرز در تمام فصل رشد و یک‌بار وجین علف‌های هرز در مرحله ۸ برگی) و کودهای زیستی در ۵ سطح (هیومیک اسید، بیومیک، سیومیک، مایع ارگانیک و شاهد (بدون مصرف کود زیستی)) به‌ترتیب به‌عنوان کرت اصلی و کرت فرعی بودند. نتایج نشان داد که بالاترین میزان سرعت فتوسنتز در سطوح تیمارهای علف هرز مربوط به بذر مایه‌زنی شده با کود زیستی سیومیک بود. بیشترین عملکرد دانه (۲۵۹ گرم در مترمربع) و اجزای عملکرد دانه کینوا (وزن هزار دانه، تعداد کل دانه‌ها در بوته و تعداد پانیکول در بوته) و شاخص برداشت (۴۸/۷ درصد) نیز در برهم‌کنش حذف علفهای هرز و بذر مایه‌زنی شده با کود سیومیک به‌دست آمد. تیمار مایه‌زنی بذر با کودهای زیستی، شاخص سطح برگ و وزن خشک کل علف‌های هرز و علف هرز غالب (گندم) را نسبت به تیمار بدون مصرف کود زیستی به‌طور معنی‌داری کاهش داد. کاربرد کود زیستی سیومیک شاخص توانایی تحمل رقابت گیاه زراعی را نسبت به تیمار حفظ علف‌های هرز ۲/۸ برابر و یکبار وجین علف هرز ۹۴/۱ درصد افزایش داد. بنابراین، یافته‌های ما پیشنهاد می‌کند که مایه‌زنی بذر با کودهای زیستی به ویژه تیمار سیومیک یک راهکار مؤثر است که می‌توان در جهت افزایش رشد، عملکرد و توانایی رقابت با علف هرز در کینوا استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: بیومیک، سیومیک، مایع ارگانیک، هیومیک اسید

۱ و ۲. به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: akazemeini@shirazu.ac.ir و kazemeini22@gmail.com

مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) گیاهی یک‌ساله، دولپه، از خانواده تاج‌خروسیان و جزء شبه‌غلات تقسیم‌بندی شده و به‌دلیل ارزش غذایی بالا، به‌عنوان محصول بالقوه برای تأمین امنیت غذایی در قرن ۲۱ در نظر گرفته می‌شود (۱۶). منشأ آن کوه‌های آند در آمریکای جنوبی است و به‌دلیل سازگاری وسیع و ارزش غذایی و بیولوژیکی فراوان در کشورهای آمریکای جنوبی به خاویار سبز معروف است (۳۶ و ۳۹). این گیاه سرشار از پروتئین و یک جایگزین مناسب برای برنج به شمار می‌آید که میزان پروتئین آن دو برابر گندم است (۳۰). در سال‌های اخیر به‌دلیل ارزش غذایی بالا، تقاضا برای کشت این گیاه در کشورهای مختلف افزایش یافته است (۳۹). سطح زیر کشت و میزان تولید این گیاه به‌ترتیب در جهان حدود ۱۸۹۰۰۰ هکتار و ۱۷۵۰۰۰ تن است (۱۰). به‌طور کلی کینوا برای استقرار در ابتدای رشد و دو هفته اول پس از سبز شدن به‌دلیل سرعت رشد کم، نیاز به مراقبت و مبارزه با علف‌های هرز دارد (۴).

علف‌های هرز از مهم‌ترین محدودیت‌های زیستی برای تولید محصولات کشاورزی در کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته هستند (۲۶). اثر علف‌های هرز بر افت عملکرد محصولات زراعی به عوامل مختلف از جمله زمان ظهور، تراکم و نوع علف هرز و همچنین نوع محصول زراعی بستگی دارد (۲). علف‌های هرز به‌دلیل رقابت برای جذب نور خورشید، آب، موادغذایی و فضا با گیاه زراعی باعث کاهش ۱۰۰ درصد عملکرد محصول خواهد شد (۷). جمعیت علف‌های هرز همواره تابع روش‌های مدیریت زراعی در مزرعه است و در سال‌های اخیر اتکای بیش از حد به علف‌کش‌ها باعث تکامل علف‌های هرز مقاوم در برابر علف‌کش‌ها شده و بیش از ۵۰۰ مورد منحصربه‌فرد علف‌های هرز مقاوم در برابر علف‌کش در سطح جهان گزارش شده است (۱۲ و ۱۵). استفاده از سازوکارهای اکولوژیکی در تصمیم‌گیری‌های زراعی، بهترین راه برای دستیابی به مدیریت پایدار علف‌های هرز به شمار می‌آید (۱۷ و ۲۰).

کاربرد کودهای زیستی یکی از بهترین راهبردهای مدیریت تغذیه گیاهی در سامانه کشاورزی پایدار و کم نهاده است (۲۷) و تحقیق در مورد استفاده گسترده از کودهای زیستی یکی از جریان‌های اصلی در کارهای علمی برای توسعه کشاورزی پایدار است (۱۹). کودهای زیستی مواد تلقیحی میکروبی هستند که معمولاً حاوی سلول‌های زنده یا خاموش از سویه‌های کارامد دارای توانایی تثبیت نیتروژن، افزایش حلالیت فسفات و همچنین حاوی میکروارگانیسم‌های ضروی هستند که بر خلاف کودهای شیمیایی، به گیاهان جهت دسترسی به مواد غذایی در منطقه ریزوسفر کمک می‌کنند و بدون تخریب محیط‌زیست موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (۲۳ و۳۸). سیومیک ترکیبی از جلبک دریایی و مواد هیومیکی است. جلبک موجود در این کود آسکوفیلوم نودوسوم (*Ascophyllum nodosum*) بوده و دارای ۴ درصد فولیک‌اسید، ۲۸ درصد هیومیک اسید و اتصال‌دهنده‌های آلی است. مجموع مواد آلی موجود در این کود، ۷۴ درصد است. بیومیک کاملترین کود زیستی است که حاوی باکتری آزوسپریلیوم برازیلنس (*Azospirillum brasilense*) با جمعیت ۱۰۷ باکتری فعال در هر میلی‌گرم (10^7 Cfu mg^{-1}) به‌همراه عناصر آهن، روی، منگنز و اسیدفولیک، به‌ترتیب به میزان ۸، ۴ ، ۲ و ۵ درصد است. هیومیک اسید حاوی ۴۰ درصد هیومیک اسید، ۷ درصد مواد آلی و ۹ درصد فولات پتاسیم است. کود مایع ارگانیک حاوی فولیک‌اسید، نیترات پتاسیم، هورمون جیبرلین، باکتری *Azohspirillum* و سیتوکینین است. کودهای زیستی حاوی باکتری و قارچ، می‌توانند از طریق اثرات هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم‌های سلولی گیاهان و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد گیاهان و رقابت گیاه با علف‌های هرز شوند (۲۸ و ۴۲). پژوهشگران دریافتند مصرف کودهای زیستی به‌صورت مایه‌زنی از طریق افزایش سرعت و درصد سبزشدن موجب افزایش توان رقابتی گیاه نسبت به علف‌های هرز می‌شوند (۲، ۱۷، ۲۵ و ۲۷). رویکرد تغییریافته امروزی در شیوه‌های کشاورزی، کودهای زیستی را به بخشی

حیاتی از تولید محصولات تبدیل و بر اهمیت ماده تلقیحی زیستی در سال‌های آینده تأکید می‌کند (۱۹). پژوهشگران دریافتند که نوع، میزان کودهای مصرفی در نظام‌های زراعی و مدیریت کوددهی، بر تنوع، تراکم و توزیع علف‌های هرز تاثیرگذار است (۶). مصرف کودهای زیستی ضمن کاهش اثر منفی کودهای شیمیایی منجر به افزایش توان رقابتی گیاه زراعی و کاهش خسارت علف‌های هرز در زراعت می‌شوند، بنابراین تغییر در روش و الگوهای کوددهی می‌توانند در کاهش فشار رقابتی علف‌های هرز مؤثر باشند (۲۷). بر همین اساس مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر کودهای زیستی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد کینوا و توانایی رقابت آن با علف‌های هرز در راستای امنیت غذایی و توسعه کشاورزی پایدار صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر مایه‌زنی کودهای زیستی سیومیک، هیومیک اسید، بیومیک و مایع ارگانیک بر سرعت فتوسنتز، رشد، عملکرد و توانایی رقابتی کینوا با علف‌های هرز، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی بخش تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، باجگاه (طول جغرافیایی ′۵۲°۳۵ شرقی و عرض جغرافیایی ′۲۹°۴۳ شمالی و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۱۳۹۹ اجرا شد. عامل اصلی، علف‌های هرز در ۳ سطح (شاهد با علف هرز در تمام فصل رشد، شاهد بدون علف هرز در تمام فصل رشد و یک‌بار وجین علف‌های هرز در مرحله ۸ برگی) و عامل فرعی شامل، کودهای زیستی در ۵ سطح (کودهای سیومیک، هیومیک اسید، بیومیک، مایع ارگانیک به‌صورت بذرمال و شاهد (بدون مصرف کود زیستی)) بود. کودهای سیومیک، هیومیک اسید، بیومیک و مایع ارگانیک از شرکت بیوزر خمین تهیه شد. مقدار مصرف تمام این کودها، یک کیلوگرم به‌ازای ۵۰ کیلوگرم بذر بوده که این مقدار کود در ۱/۵ لیتر آب حل و سپس به‌صورت بذرمال مورداستفاده قرار گرفت (۲۴). اختلاط بذر با کودهای موردنظر قبل از کشت و در شرایط سایه انجام شد. قبل از انجام عملیات آماده‌سازی از مزرعه پژوهشی به‌منظور تعیین برخی ویژگی های فیزیکو شیمیایی خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد (جدول ۱). عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دو بار دیسک عمود بر هم بود. بذور کینوا رقم تی‌تی‌کاکا (منشأ آن دانمارک و مدت زمان لازم برای رسیدگی فیزیولوژیک آن ۹۱ روز بوده و بالاترین درصد جوانه‌زنی و عملکرد را در مقایسه با سایر ارقام کینوا به خود اختصاص می‌دهد) در ۲۰ مرداد ماه بر خطوط کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متری روی پشته و عمق ۱ سانتی‌متری و فاصله بوته ۵ سانتی‌متر در کرت‌هایی به ابعاد ۲/۴ × ۳ متر کشت شدند و گیاهان در مرحله ۶ برگی جهت رسیدن به تراکم ۶۷ بوته در مترمربع تنک شدند.

آبیاری کرت‌ها با استفاده از نوارهای تیپ و بر اساس نیاز آبی گیاه هر ۷ تا۱۰ روز یک‌بار (۲۹) صورت پذیرفت. در تیمار بدون علف هرز نیز تا پایان مرحله رشد به‌صورت روزانه علف‌های هرز به‌صورت دستی وجین شدند. ویژگی‌های علف‌های هرز شامل سطح برگ، که با استفاده از دستگاه Leaf Area Metter مدل Delta-T Device تعیین شد. وزن خشک علف‌های هرز، که با قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و سپس توزین با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم صورت گرفت. شاخص توانایی تحمل رقابت کینوا در برابر علف هرز بر اساس نسبت عملکرد دانه گیاه زراعی در شرایط آلوده به علف هرز به عملکرد دانه گیاه زراعی در شرایط بدون علف هرز محاسبه شد (۴۰). سرعت فتوسنتز نیز با دستگاه فتوسنتزمتر پرتابل (ADC Bioscientific Ltd., UK) در زمان پرشدن دانه کینوا بین ساعت ۱۴–۱۲ در روزهای کاملاً آفتابی که بیشترین تشعشع نور خورشید وجود داشت، اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ با اندازه گیری سطح برگ و تعمیم به سطح مورد نظر محاسبه شد. در انتهای فصل رشد با رعایت اثر حاشیه تعداد ۸ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی برداشت و پارامترهای ارتفاع بوته، تعداد پانیکول در بوته، وزن

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

عمق	رس	شن	سیلت	ماده آلی	نیتروژن کل	بافت خاک	هدایت الکتریکی	فسفر قابل جذب
(cm)	(٪)						($dS\ m^{-1}$)	($mg\ kg^{-1}$)
۰-۳۰	۲۶	۳۰	۴۴	۰/۴	۰/۱۲	لوم	۰/۶۲	۱۴/۱

هزار دانه و تعـداد کل دانـه در بوته اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه (رطوبت ۱۰ تا ۱۲ درصد) و عملکرد بیولوژیک در انتهای فصل رشد با کف بر نمودن بوته‌ها از مساحت یک مترمربع از نزدیک سطح زمین در هر کرت با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک، نمونه‌ها پس از برداشت به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از توزین کل نمونه‌ها (دانه + کاه و کلش) عملکرد بیولوژیک تعیین شد. در نهایت پس از جداکردن دانه از کاه و کلش و توزین آن‌ها، عملکرد دانه به‌دست آمد (۳۱). برای محاسبه شاخص برداشت بر حسب درصد نیز از نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک ضرب در ۱۰۰ استفاده شد (۷). داده‌های مورد نظر با استفاده از نرم افزار SAS 9.2 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

گونه‌های غالب علف هرز مزرعه شامل علف هرز باریک برگ گندم (*Triticum aestivum* L.)، گل‌گندم (*Centaurea cyanus*)، تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*)، پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) و کاهوی وحشی (*Lactuca virosa* L.) به‌ترتیب با درصد وزن خشک ۵۰/۱، ۱۶/۲، ۱۴/۳، ۱۳/۱ و ۶/۳ بودند.

صفات علف‌های هرز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی صفات اندازه‌گیری شده در علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهم‌کنش علف هرز و کودهای زیستی قرار گرفتند (جدول ۲). بیشترین تراکم علف‌های هرز در شرایط با علف هرز در تمام مراحل رشد (۴۰/۶ بوته در مترمربع) مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار سیومیک (۹ بوته در مترمربع) در شرایط یکبار وجین بوند (جدول ۳). به نظر می‌رسد بذرهای مایه زنی شده کینوا با کودهای زیستی به‌خصوص سیومیک و هیومیک اسید با تسریع درجوانه‌زنی و رشد وتوسعه برگ و سایه‌اندازی بر سطح خاک ضمن استفاده بهتر از منابع به خصوص نور از توانایی رقابتی بیشتری برخوردار بوده است و موجب کاهش تراکم علف‌های هرز شدند. همبستگی منفی تراکم کل علف‌های هرز با سطح برگ کینوا نیز تاییدکننده این مطلب بود.

تأثیر کودهای زیستی بر سطح برگ علف هرز مشابه با تراکم علف هرز بوده است و بیشترین سطح برگ گندم به عنوان علف هرز غالب باریک برگ مزرعه و کل علف هرز (۴۳۵۵ سانتی‌مترمربع) در برهم‌کنش با علف هرز و بدون کود زیستی (شاهد) و کمترین سطح برگ گندم (۷۴۷ سانتی‌مترمربع) و کل علف‌های هرز (۱۱۴۸/۴۸ سانتی‌مترمربع) نیز در کاربرد کود زیستی سیومیک و تیمار یکبار وجین علف هرز به‌دست آمد که نسبت به شاهد خود به‌ترتیب به میزان ۵۵/۰ و ۵۴/۸ درصد کاهش یافتند (جدول ۳). در یکبار وجین علف هرز، سطح برگ علف هرز باریک برگ (گندم) در تیمارهای کود زیستی سیومیک، بیومیک، مایع ارگانیک و هیومیک اسید نسبت به شاهد به‌ترتیب ۵۵/۰، ۳۰/۴، ۳/۴ و ۳۴/۶ درصد کاهش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد کاربرد کود زیستی سیومیک از طریق بهبود جذب آب و مواغذایی باعث

رشد سریع‌تر کینوا در مراحل اولیه و سایه اندازی بیشتر آن شد که نتایج ضرایب همبستگی و وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین سطح برگ گندم و عملکرد بیولوژیک کینوا

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر علف هرز وکود زیستی بر سطح برگ، وزن خشک غالب علف هرز باریک برگ (گندم) و کل علف‌های هرز و شاخص توانایی تحمل رقابت کینوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	تراکم	سطح برگ		وزن خشک بوته		شاخص توانایی تحمل رقابت
		کل علف‌های هرز	باریک برگ (گندم)	کل علف‌های هرز	باریک برگ (گندم)	کل علف‌های هرز	
بلوک	۲	۳۲/۵	۶۹۰۴۷	۴۵۳۴۱	۵۳۶	۱۷۸۹	۱۰/۱
علف هرز	۱	۴۷۲**	۱۷۳۷۵۳۵**	۶۸۰۳۷۵۴**	۱۱۹۵**	۱۶۸۳۶**	۱۰۱۴**
خطای اصلی	۲	۸/۹۳**	۵۷۵۱۵	۸۱۰۷۷	۳۱/۵	۵۶۲	۱۲/۷
کود زیستی	۴	۴۵۲**	۳۱۷۴۰۰۸**	۳۸۳۶۵۶۲**	۱۸۰**	۹۹۲**	۲۰۸۵**
علف هرز × کود زیستی	۴	۵/۷۸**	۴۲۹۲۶۱**	۵۲۷۸۴۱**	۹۰/۵**	۵۳۷*	۸۰/۱ **
خطای فرعی	۱۶	۷/۷۷	۲۶۷۰۶	۶۰۳۸۱	۱۴/۷	۱۵۱	۶/۳۰
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۸	۱۱/۵	۱۰/۲۰	۱۲/۲	۲۲/۴	۴/۰۰

ns غیر معنی‌دار، * و **، به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش اثر علف هرز وکود زیستی بر سطح برگ، وزن خشک علف هرز غالب گندم و کل علف‌های هرز و شاخص توانایی تحمل رقابت کینوا

تیمار		تراکم (بوته در مترمربع)	سطح برگ (سانتی‌مترمربع)		وزن خشک بوته (گرم در مترمربع)		شاخص توانایی تحمل رقابت (٪)
علف هرز	کود زیستی	تعداد کل علف‌های هرز	گندم	کل علف‌های هرز	گندم	کل علف‌های هرز	
با علف هرز	شاهد	۴۰/۶^{a}	۳۴۸۱^{a}	۴۳۵۶^{a}	۴۷/۱۳^{a}	۱۰۱/۳^{a}	۲۱/۲^{i}
	سیومیک	۱۶/۰^{e}	۱۲۱۰^{ef}	۱۵۴۶^{ef}	۳۰/۸۳$^{c-e}$	۴۶/۱^{c}	۸۰/۱^{a}
	بیومیک	۲۳/۳^{cd}	۱۴۳۰^{ed}	۲۲۹۱^{bc}	۳۶/۷۰^{bc}	۸۴/۲^{ab}	۶۰/۷^{f}
	مایع ارگانیک	۲۷/۰^{bc}	۱۷۷۳^{c}	۲۷۰۸^{b}	۴۳/۰۶^{ab}	۸۸/۳^{ab}	۵۴/۸^{g}
	هیومیک اسید	۲۱/۶^{d}	۱۳۱۶^{ef}	۲۱۰۵^{cd}	۳۱/۴۰^{cd}	۷۲/۵^{b}	۶۷/۹^{ed}
یکبار وجین	شاهد	۳۰/۰^{b}	۱۶۶۳^{h}	۲۵۴۳^{b}	۳۵/۱۶^{c}	۳۹/۳^{cd}	۴۴/۸^{h}
	سیومیک	۹/۰^{f}	۷۴۸^{g}	۱۱۴۸^{f}	۱۸/۱۶^{g}	۱۸/۴^{d}	۸۷/۰^{a}
	بیومیک	۱۵/۰^{e}	۱۱۵۷^{ef}	۱۳۶۱^{f}	۲۴/۴۳$^{e-g}$	۳۴/۰^{cd}	۷۲/۱^{cd}
	مایع ارگانیک	۲۱/۶^{d}	۱۶۰۵^{cd}	۱۸۵۴^{cd}	۲۵/۷۰$^{d-f}$	۳۷/۶۳^{cd}	۶۶/۰^{e}
	هیومیک اسید	۱۳/۳^{ef}	۱۰۸۸^{d}	۱۳۳۶^{f}	۲۲/۵۳^{fg}	۲۶/۰۳^{cd}	۷۲/۶^{c}

در هر ستون اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند (LSD≤5)

($r=-0/78^{**}$) تایید کننده این مطلب است (جدول ۶). مطالعات پیشین نیز بیان کردند که کاربرد کودهای زیستی منجر به کاهش توان رقابتی علف‌های هرز در گندم، ذرت و پنبه گردید (۲، ۲۵ و ۲۷).

بیشترین وزن خشک علف‌های هرز (۱۰۱ گرم در مترمربع) متعلق به برهم‌کنش تیمار شاهد با علف هرز در تمام مراحل رشد بود که با تیمار بیومیک و مایع ارگانیک تفاوت معنی‌داری نشان نداد و کمترین وزن خشک علف‌های هرز در تیمار سیومیک در یکبار وجین ۱۸/۴ گرم به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان نداد (جدول ۳). پژوهشگران نشان دادند که کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم در گندم می‌تواند ضمن کاهش معنی‌دار وزن خشک علف‌های هرز، عملکردی معادل تیمار وجین تمام فصل و یا مصرف مقدار کامل علف‌کش به‌دست آورد (۲۵). که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت. در پژوهشی دیگر، گیاهان مایه‌زنی شده با کودهای زیستی فسفات‌دار از طریق سایه‌اندازی بر روی علف‌های هرز مزرعه، زیست توده و تراکم کل علف‌های هرز غالب را کاهش داده و باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شدند (۲). پژوهشگران بیان کردند که منابع غذایی بر زیست‌توده علف‌های هرز اثر گذارند به‌طوری که، مقدار زیست‌توده تولیدی علف‌های هرز در شرایط کاربرد کود شیمیایی بیشتر از کود آلی بود (۳). نتایج نشان داد کینوا تیمار شده با کود سیومیک نسبت به شاهد، و سایر کودهای زیستی در هر دو سطح با علف هرز (۸۰/۱ درصد) و یک بار وجین (۸۷/۱ درصد) از بیشترین توانایی رقابتی برخوردار است (جدول ۳). به نظر می‌رسد کینوا در تیمار کود زیستی سیومیک با برخورداری از شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته بیشتر، گیاهچه‌هایی با بنیه قوی‌تر تشکیل داد و توانست نسبت به علف هرز از لحاظ عملکرد برتری داشته باشد. پژوهشگران تایید نمودند که تأمین عناصرغذایی برای گیاه زراعی از طریق کودهای زیستی منجر به کاهش دسترسی علف‌های هرز به عناصرغذایی می‌شود (۲۷).

پارامترهای شاخص سطح برگ، ارتفاع، سرعت فتوسنتز، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی علف هرز و کود زیستی و همچنین برهم‌کنش آنها بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

سرعت فتوسنتز

در این پژوهش استفاده از کودهای زیستی منجر به افزایش معنی‌دار سرعت فتوسنتز کینوا شد به گونه‌ای که بیشترین و کمترین مقدار این شاخص به‌ترتیب مربوط به تیمار سیومیک در شرایط بدون علف هرز (۱۰/۹۳ میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه) و تیمار شاهد در شرایط با علف هرز (۴/۳۰ میکرو مول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه) بود (جدول ۵). پژوهشگران گزارش کردند که کود زیستی سیومیک با بهبود جذب نیتروژن از یک سو باعث فراهمی ماده اولیه کلروفیل شده و از سوی دیگر با افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به‌عنوان ماده اولیه‌ی اصلی کلروپلاست منجر به افزایش فتوسنتز می‌شود (۱۱). از سویی دیگر، با بررسی همبستگی مشخص شد که میان سرعت فتوسنتز کینوا با وزن خشک علف‌های هرز ($r=-0/65^{**}$)، سطح برگ کل علف‌های هرز ($r=-0/74^{**}$) و تراکم کل علف هرز ($r=-0/80^{**}$) یک ارتباط منفی و معنی‌دار وجود داشت و به عبارتی افزایش تراکم علف هرز در کینوا منجر به تشدید رقابت و کاهش نفوذ نور به بخش‌های پایین‌تر سایه‌انداز و کاهش فتوسنتز کینوا شد (جدول ۶). مطالعات پیشین نیز بیان کردند که حضور علف هرز با ایجاد رقابت در مراحل اولیه رشد منجر به کاهش معنی‌دار در فتوسنتز شد (۲۰).

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ کینوا تحت تأثیر تیمارهای کود زیستی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و از میان تیمارها کاربرد کود زیستی سیومیک به‌عنوان تیمار برتر توانست در شرایط با و بدون علف هرز و یکبار وجین به‌ترتیب

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اثر علف هرز و کود زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	سرعت فتوسنتز	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته	تعداد پانیکول در بوته	تعداد کل دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
بلوک	۲	۰/۳۵	۰/۱۷	۴/۸۲	۴/۲۰	۷۲۴۰	۰/۰۰۳	۱۴۶	۹۱۵	۱/۵۱
علف هرز	۲	۱۵/۰**	۵/۶۹**	۴۳۰**	۶/۴۶**	۱۸۶۰۵۲**	۰/۰۲۰**	۱۷۰۸۶**	۱۲۴۸۵**	۴۸۷**
خطای اصلی	۴	۰/۰۱	۰/۰۰۸۵	۶/۲۷	۰/۱۶	۲۱۶۷	۰/۰۰۱	۳۵/۵	۶۹/۳	۱/۳۷
کود زیستی	۴	۲۵/۷**	۴/۸۲**	۹۳۸**	۳۲/۵**	۴۲۶۵۸۳**	۰/۳۰۱**	۴۱۲۲۸**	۱۴۹۴۰**	۱۴۳۰**
علف هرز × کود زیستی	۸	۰/۵۳**	۰/۹۴**	۱۴/۰**	۰/۸۵**	۴۶۲۶*	۰/۰۰۲*	۱۱۰**	۳۷۱**	۱۳/۴**
خطای فرعی	۲۴	۰/۰۱	۰/۰۱۲	۲/۲۷	۰/۲۳	۱۶۷۸	۰/۰۰۱	۱۸/۷	۷۴/۲	۱/۱۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۵	۱/۶۶	۱۲/۲	۱۶/۲	۱۲/۵	۱۱/۰	۱۳/۱	۱۱/۹	۱۳/۶

* و **، به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۵. اثر برهم‌کنش علف هرز و کود زیستی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

	تیمار	سرعت فتوسنتز (میکرومول CO_2 بر مترمربع بر ثانیه)	شاخص سطح برگ (سانتی‌متر مربع در سانتی‌متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پانیکول در بوته	تعداد کل دانه در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد زیستی (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)
با علف هرز	شاهد	۴/۳۰^{m}	۵/۴۹^{h}	۵۷/۴^{i}	۴/۶۵^{i}	۱۱۳۷^{h}	۲/۸۱^{h}	۲۰/۴^{k}	۳۶۰/۲^{j}	۵/۶۷^{j}
	سیومیک	۸/۱۶^{e}	۶/۴۳^{e}	۶۶/۱^{ef}	۸/۶۶^{c}	۱۷۸۹^{c}	۳/۲۵ ^{bc}	۲۰۷/۹^{d}	۴۸۳/۸^{cd}	۴۲/۹۷^{c}
	بیومیک	۶/۹۶^{h}	۶/۲۶^{ef}	۶۱/۲^{h}	۷/۶۲$^{d-f}$	۱۵۰۹^{e}	۳/۰۶ ^{f}	۹۳/۶^{h}	۴۳۲/۱^{g}	۲۱/۶۷^{g}
	مایع ارگانیک	۶/۴۰^{j}	۶/۱۹^{f}	۶۳/۵$^{f-h}$	۶/۶۳^{g}	۱۴۰۶^{f}	۳/۱۳ ^{e}	۸۰/۱^{i}	۴۰۹/۸^{h}	۱۹/۵۵^{h}
	هیومیک اسید	۸/۰۱^{ef}	۶/۳۱^{ef}	۶۴/۳^{fg}	۸/۳۳^{cd}	۱۶۱۳^{d}	۳/۲۷ ^{ab}	۱۴۷/۱^{f}	۴۵۷/۹^{e}	۳۲/۱۳^{e}
بدون علف هرز	شاهد	۵/۶۶^{k}	۵/۷۵^{g}	۶۳/۵$^{f-h}$	۵/۶۳^{h}	۱۴۵۶^{ef}	۲/۹۰ ^{g}	۹۶/۱^{h}	۴۲۶/۱^{g}	۲۲/۵۶^{g}
	سیومیک	۱۰/۹۳^{a}	۹/۲۲^{a}	۸۵/۸^{a}	۱۱/۶۲^{a}	۱۹۶۰^{a}	۳/۳۲ ^{a}	۲۵۹/۶^{a}	۵۳۲/۸^{a}	۴۸/۷۳^{a}
	بیومیک	۸/۵۰^{d}	۷/۱۸^{c}	۷۴/۵^{c}	۸/۰۰$^{c-e}$	۱۶۶۵^{d}	۳/۱۸ ^{de}	۱۵۵/۳^{e}	۴۹۸/۱^{bc}	۳۱/۱۷^{e}
	مایع ارگانیک	۷/۹۰^{f}	۷/۰۴^{cd}	۷۱/۸^{d}	۷/۳۱$^{c-g}$	۱۵۹۹/۳^{d}	۳/۲۰ ^{cd}	۱۴۶/۵^{f}	۴۷۳/۶^{d}	۳۰/۹۱^{c}
	هیومیک اسید	۹/۹۱^{b}	۷/۵۳^{b}	۷۸/۲^{b}	۸/۶۴^{c}	۱۶۵۸^{d}	۳/۲۷ ^{ab}	۲۱۶/۶^{c}	۴۸۶/۷$^{b-d}$	۴۴/۵۱^{bc}
یک‌بار وجین علف هرز	شاهد	۴/۵۶^{l}	۵/۵۴^{h}	۵۸/۱^{i}	۴/۶۳^{i}	۱۲۴۲^{g}	۲/۸۱ ^{h}	۴۳/۱^{j}	۳۹۲/۹^{i}	۱۰/۹۶^{i}
	سیومیک	۸/۸۶^{c}	۷/۴۹^{b}	۷۱/۳^{d}	۹/۶۴^{b}	۱۸۰۸^{bc}	۳/۲۸ ^{ab}	۲۲۶/۰^{b}	۴۹۸/۵^{b}	۴۵/۳۳^{b}
	بیومیک	۷/۳۳^{g}	۶/۳۵^{ef}	۶۵/۳^{f}	۷/۶۷$^{d-f}$	۱۶۰۱^{d}	۳/۱۹ ^{de}	۱۱۲/۱^{g}	۴۴۷/۷^{ef}	۲۵/۰۲^{f}
	مایع ارگانیک	۶/۶۶^{i}	۶/۲۹^{ef}	۶۲/۵^{gh}	۷/۰۰^{fg}	۱۴۷۱^{ef}	۳/۱۸ ^{de}	۹۶/۶^{h}	۴۲۵/۵^{g}	۲۲/۷۱^{g}
	هیومیک اسید	۷/۲۸^{g}	۶/۹۷^{d}	۶۸/۰^{e}	۸/۶۳^{c}	۱۶۵۸/۰۰^{d}	۳/۲۷ ^{ab}	۱۵۵/۱^{e}	۴۳۶/۰^{fg}	۳۵/۵۸^{d}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار هستند. (LSD≤5)

جدول ۶. همبستگی صفات سرعت فتوسنتز، اجزای عملکرد کینوا و علف‌های هرز

	سرعت فتوسنتز	تراکم کل علف هرز	سطح برگ کل علف‌های هرز	وزن خشک گندم	سطح برگ گندم	وزن خشک علف‌های هرز	شاخص سطح برگ کینوا	ارتفاع بوته	تعداد پانیکول در هر بوته	وزن هزار دانه	تعداد کل دانه در بوته	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
عملکرد دانه														۱
عملکرد بیولوژیک													۱	۰/۹۲**
شاخص برداشت												۱	۰/۸۹**	۰/۹۹**
تعداد کل دانه در بوته											۱	۰/۹۶**	۰/۹۲**	۰/۹۶**
وزن هزار دانه										۱	۰/۸۶**	۰/۸۵**	۰/۷۹**	۰/۸۳**
تعداد پانیکول در هر بوته									۱	۰/۸۵**	۰/۹۱**	۰/۸۹**	۰/۸۶**	۰/۹۰**
ارتفاع بوته								۱	۰/۸۰**	۰/۷۲**	۰/۸۸**	۰/۸۵**	۰/۹۰**	۰/۸۷**
شاخص سطح برگ کینوا							۱	۰/۸۲**	۰/۹۱**	۰/۸۱**	۰/۹۶**	۰/۸۵**	۰/۷۱**	۰/۸۴**
وزن خشک علف‌های هرز						۱	-۰/۹۱*	-۰/۶۲**	-۰/۳۱*	-۰/۲۵ns	-۰/۳۶*	-۰/۳۲*	-۰/۴۶**	-۰/۳۳*
سطح برگ گندم					۱	۰/۷۴**	-۰/۷۹**	-۰/۸۴**	-۰/۵۹**	-۰/۵۷**	-۰/۷۱**	-۰/۷۰**	-۰/۷۸**	-۰/۶۹**
وزن خشک گندم				۱	۰/۸۵**	۰/۹۰**	-۰/۸۲**	-۰/۷۱**	-۰/۴۲**	-۰/۳۱*	-۰/۴۹**	-۰/۴۶**	-۰/۵۸**	-۰/۴۷**
سطح برگ کل علف‌های هرز			۱	۰/۸۸**	۰/۹۵**	۰/۸۲**	-۰/۷۱**	-۰/۸۲**	-۰/۵۱**	-۰/۵۱**	-۰/۶۶**	-۰/۶۵**	-۰/۷۱**	-۰/۶۴**
تراکم کل علف هرز		۱	۰/۹۴**	۰/۸۸**	۰/۹۵**	۰/۸۰**	-۰/۸۳**	-۰/۸۱**	-۰/۵۳**	-۰/۵۴**	-۰/۶۵**	-۰/۶۵**	-۰/۷۱**	-۰/۶۴**
سرعت فتوسنتز	۱	-۰/۸۰**	-۰/۷۲**	-۰/۶۳**	-۰/۵۳**	-۰/۶۵**	۰/۸۵**	۰/۷۴**	۰/۸۱**	۰/۸۳**	۰/۷۷**	۰/۶۹**	۰/۶۴**	۰/۷۸**

ns غیر معنی‌دار، * و **، به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

به میزان ۲۰/۸، ۶۰/۳، ۳۵/۲ درصد نسبت به شاهد شاخص سطح برگ کینوا را افزایش دهد (جدول ۵). به نظر می‌رسد مصرف کودهای زیستی با اثرگذاری مثبت و قابل‌توجه بر ویژگی‌های خاک، شرایط ریزوسفر را برای رشد ریشه‌ها بهبود بخشیده که این موضوع از طریق افزایش فرایندهای رشدی و تقسیم سلولی، افزایش سطح برگ را به دنبال داشته است. پیش از این نیز گزارشاتی مبنی بر تأثیر منابع مختلف کودهای آلی بر افزایش شاخص سطح برگ کینوا و ذرت ارائه شده بود (۱ و ۴۱).

ارتفاع بوته

نتایج برهم‌کنش علف هرز و کود زیستی بر ارتفاع بوته کینوا نشان داد که مایه‌زنی بذر با کودهای زیستی، ارتفاع بوته کینوا را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد (بدون بذرمال با کود زیستی) افزایش داد (جدول ۵). بیشترین و کمترین ارتفاع به‌ترتیب مربوط به تیمار سیومیک در شرایط بدون علف هرز (۸۵/۸ سانتی‌متر) و تیمار شاهد در شرایط با علف هرز (۵۷/۴ سانتی‌متر) بود (جدول ۵). تیمار مایه‌زنی بذر با کود زیستی سیومیک در شرایط بدون علف هرز، ارتفاع بوته کینوا را ۳۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد و از لحاظ آماری نیز با تیمارهای کاربرد هر یک از کودهای زیستی هیومیک اسید و بیومیک و مایع ارگانیک تفاوت معنی‌داری در شرایط بدون علف هرز داشت و همین روند نیز در شرایط یک‌بار وجین علف‌های هرز نیز مشاهده شد (جدول ۵). کود زیستی سیومیک با توجه به ترکیبات هیومیک اسید و جلبک، اثرات شبه هورمونی مثل اکسین و ایندول استیک اسید بر گیاهان دارد و این اثر اولیه به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور زیستی مؤثر در گیاهان است (۱۴).

یکی از اثرات مواد هیومیکی بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه است که با افزایش جذب عناصر غذایی کم و پرمصرف، موجب تسریع در رشد گیاه می‌شود و نتیجه آن کوتاه شدن دوره رشد و سایه‌اندازی بیشتر و افزایش توان رقابتی گیاه است که با نتایج سایر محققین بر روی گندم و کلزا مطابقت دارد (۲۱). استفاده از کودهای زیستی می‌تواند ارتفاع و توان رقابتی گیاه را از طریق سنتز فیتوکروم‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان، جلوگیری از عوامل بیماری‌زا و القای مقاومت سیستمیک به عوامل بیماری‌زا افزایش دهند (۲۱).

تعداد پانیکول در بوته

تعداد پانیکول در بوته یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد کینوا محسوب می‌شود، زیرا پانیکول از یک طرف در برگیرنده تعداد دانه و از طرف دیگر تأمین‌کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای دانه‌ها است. بیشترین تعداد پانیکول در بوته در برهم‌کنش بدون علف هرز و کاربرد کود زیستی سیومیک (۱۱/۶) و کمترین آن در شرایط با علف هرز و شاهد (۴/۶۶) به‌دست آمد (جدول ۵). به‌طورکلی کاربرد سیومیک در تیمارهای با علف هرز، بدون علف هرز و یکبار وجین در مقایسه با شاهد، تعداد پانیکول در بوته کینوا را به‌ترتیب به میزان ۱/۸، ۲/۱و ۲/۱ برابر افزایش داد و باعث کاهش اثرات منفی علف هرز و بهبود تعداد پانیکول در هر بوته شد (جدول ۵). بین تعداد پانیکول در بوته و تراکم کل علف‌های هرز ($r=-0/53^{**}$) نیز یک رابطه منفی و معنی‌داری وجود داشت که تایید کننده این موضوع است که با افزایش تراکم علف‌های هرز، تعداد پانیکول در بوته کاهش یافت (جدول ۶). استفاده از کودهای زیستی با افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس باعث افزایش رشد اندام هوایی و تولید گیاه می‌شوند، همچنین با اثرات شبه هورمونی خود، اثرات مفیدی در افزایش تولید گیاه دارند. بدیهی است زمانی که عناصر غذایی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند، به دنبال آن فتوسنتز به‌خوبی انجام شده و تجمع مواد پرورده در مقاصد گیاه به میزان کافی صورت خواهد گرفت (۳۷).

تعداد کل دانه در بوته

تعداد کل دانه در بوته کینوا تحت تأثیر کاربرد سیومیک در سطوح تیمار علف هرز به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر

تیمارهای کود زیستی افزایش یافت و بیشترین تعداد کل دانه در بوته (۱۹۶۰) در برهم‌کنش بدون علف هرز و کاربرد کود زیستی سیومیک به‌دست آمد و کمترین تعداد کل دانه در بوته (۱۱۳۷) مربوط به شاهد (بدون کود زیستی) در شرایط با علف هرز بود (جدول ۵). به‌طورکلی کاربرد سیومیک در تیمار با علف هرز، بدون علف هرز و یکبار وجین در مقایسه با شاهد، تعداد کل دانه در بوته کینوا را به‌ترتیب به میزان ۵۷/۳، ۳۴/۶ و ۴۵/۵ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۵). بر اساس نتایج جدول همبستگی بین تعداد کل دانه در بوته با ارتفاع بوته ($r = ۰/۸۸^{**}$)، شاخص سطح برگ کینوا ($r = ۰/۹۶^{**}$) و وزن هزار دانه ($r = ۰/۸۶^{**}$) رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت، این در حالی بود که بین تعداد کل دانه در بوته با تراکم کل علف هرز ($r = -۰/۶۵^{**}$) یک رابطه منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). تأثیر مصرف کود زیستی با باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا به نقش آنها در تحریک رشد زایشی و تشکیل دانه در گیاه نسبت داده شده که باعث افزایش تعداد کل دانه در بوته شده است (۱۳). به‌طورکلی کودهای زیستی به مقدار مورد نیاز می‌توانند با اثرگذاری مثبت خود بر جذب عناصر ماکرو و ضروری نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز تأثیر بر بهبود توزیع آب در گیاه و افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و تأثیر عمده آن در تولید هورمون‌های گیاهی و نقش مؤثر این هورمون‌ها در رشد گیاه باعث افزایش اجزای عملکرد دانه به‌ویژه تعداد کل دانه در بوته شوند (۳۵).

وزن هزار دانه

کودهای زیستی در مقایسه با شاهد در تمام سطوح تیمار علف هرز، وزن هزار دانه را افزایش دادند و بیشترین در برهم‌کنش تیمار سیومیک در شرایط بدون علف هرز (۳/۳۲ گرم) و کمترین مقدار در برهم‌کنش شاهد با علف هرز (۲/۸۱ گرم) به‌دست آمد که تفاوتی با وضعیت یکبار وجین نداشت (جدول ۵). کاربرد سیومیک در مقایسه با شاهد در شرایط با علف هرز، بدون علف هرز و یکبار وجین به‌ترتیب منجر به افزایش ۱۵/۶، ۱۴/۵ و ۱۶/۷ درصد وزن هزار دانه کینوا شد (جدول ۵). نتایج به‌دست آمده از جدول همبستگی نشان‌دهنده رابطه منفی و معنی‌دار بین وزن هزار دانه با تراکم کل علف‌های هرز ($r = -۰/۵۴^{**}$) بود (جدول ۶). این نشان‌دهنده آن است که استفاده از کودهای زیستی سیومیک می‌توانند در شرایط رقابتی کینوا با علف هرز نیز موفق عمل کرده و موجب افزایش وزن هزار دانه نسبت به عدم مصرف آن شوند. به‌طورکلی کودهای زیستی حاوی فسفر و مواد آلی با افزایش سطح برگ برای تولید و انتقال ماده فتوسنتزی بیشتر به دانه و همچنین آزادسازی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر در مرحله پرشدن دانه باعث افزایش توان رقابتی گیاه در جذب عناصر و مواد غذایی شده و وزن هزار دانه را افزایش دهند (۲۲).

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه در برهم‌کنش علف هرز و بذرمال با کودهای زیستی سیومیک، بیومیک، مایع ارگانیک و هیومیک اسید در مقایسه با شاهد به‌ترتیب با ۱۰/۲، ۴/۶، ۳/۹ و ۷/۲ برابر افزایش یافت (جدول ۵). این در حالی بود که عملکرد دانه در تیمار بدون علف هرز به‌ترتیب به میزان ۲/۷، ۱/۶، ۱/۵ و ۲/۲ برابر و در شرایط یکبار وجین نیز به‌ترتیب به میزان ۵/۲، ۲/۶، ۲/۲ و ۳/۶ برابر افزایش یافت و همان‌طوری که مشاهده شد در بین کودهای زیستی بیشترین عملکرد نهایی در تمام سطوح تیمار علف هرز متعلق به کاربرد کود زیستی سیومیک بود (جدول ۵). بر اساس نتایج جدول همبستگی بین عملکرد دانه با اجزای آن یعنی تعداد پانیکول در هر بوته ($r = ۰/۹۰^{**}$)، تعداد کل دانه در بوته ($r = ۰/۹۶^{**}$) و وزن هزار دانه ($r = ۰/۸۳^{**}$) رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت که با کاهش اجزای عملکرد، عملکرد دانه کاهش یافت (جدول ۶). کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر، با توجه به نقشی که فسفر در تحریک رشد زایشی و تشکیل دانه در گیاه ایفا می‌کند، باعث افزایش تعداد کل

دانـه در بوته کینوا شـده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهند (۱۳). در پژوهشی بیان شد که باکتری‌های تولیدکننده ایندول استیک اسید در کنار سیتوکنین از طریق رشد ریشه‌هـای جـانبی و بـــرگ، سبب افزایش مواد پرورده شده که بـه نوبـه خـــود باعـث افزایش رشد رویشی و تعـــداد دانـــه می‌شوند (۹). در پژوهشی دیگر نیز گزارش شد که آمینواسیدهای موجود در کودهای سیومیک و هیومیک اسید با افزایش غلظت کلروفیل و یا سبزینگی و درنتیجه بهبود وضعیت فتوسنتز، بر رشد و عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارند (۱۸).

عملکرد زیستی

مقایسه میانگین برهم‌کنش علف هرز با کود زیستی نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک (۵۳۲ گرم در مترمربع)، در شرایط بدون علف هرز و استفاده از کود زیستی سیومیک و کمترین آن (۳۶۰ گرم در مترمربع) در شرایط با علف هرز و شاهد (بدون کاربرد کود زیستی) به‌دست آمد (جدول ۵). به‌طورکلی کاربرد سیومیک درسطوح تیمار با علف هرز، بدون علف هرز و یکبار وجین در مقایسه با شاهد، عملکرد بیولوژیک کینوا را به‌ترتیب به میزان ۳۴/۳، ۲۵/۰ و ۳۸/۱ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۵). همبستگی عملکرد بیولوژیک به جز صفات علف هرز، با کلیه صفات ارزیابی شده مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین اثرگذاری بر روی عملکرد بیولوژیک را ارتفاع بوته ($r=۰/۹۰^{**}$)، تعـداد کل دانـه در بوته ($r=۰/۹۲^{**}$) و کمترین آن با اثرگذاری منفی را سطح برگ گندم ($r=-۰/۷۸^{**}$) به خود اختصاص داده بود (جدول ۶). کودهای زیستی از طریق افزایش قدرت جذب آب و فراهم نمودن مقدار مطلوب عناصرغذایی پرمصرف و کم‌مصرف تأثیر مثبتی بر وزن تر و خشک گیاه زراعی داشت (۸). کودهای زیستی سیومیک حاوی جلبک به دلیل داشتن مواد معدنی، عناصرغذایی فراوان و افزایش مقاومت گیاه به آفات و بیماری‌ها نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاه داشتند که این نتایج با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت داشت (۸ و ۱۴). پژوهشگران دریافتند که کاربرد کود زیستی منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه و برگ برنج نسبت به عدم استفاده از کود زیستی شد (۳۴).

شاخص برداشت

مقایسه میانگین برهمکنش کودهای زیستی و علف هرز نشان داد که بیشترین شاخص برداشت به میزان ۴۸/۷ درصد مربوط به تیمار کاربرد کود سیومیک در شرایط بدون علف هرز بود که با سایر تیمارهای کود زیستی تفاوت معنی‌داری داشت و در شرایط یکبار وجین و با علف هرز به‌ترتیب به میزان ۴۵/۳ و ۴۲/۹ درصد بود (جدول ۵). این در حالی بود که کمترین شاخص برداشت، در تیمارهای شاهد با علف هرز (۵/۶۷ درصد) و یکبار وجین (۱۰/۹ درصد) به‌دست آمد (جدول ۵). کود زیستی سیومیک در شرایط با و بدون علف هرز و یکبار وجین شاخص برداشت را به‌ترتیب به میزان ۷/۶ ، ۲/۲ و ۴/۱ برابر در مقایسه با شاهد افزایش داد (جدول ۵). مولکول‌های آلی نظیر اسیدهای آلی، متیونین و حتی پلی‌آمین‌ها در عصاره جلبک دریایی موجود در کود زیستی سیومیک باعث افزایش جذب مواد معدنی و تولید بیشتر کربوهیدرات‌ها و در نتیجه افزایش شاخص برداشت شد (۳۲). نتایج همبستگی نیز نشان داد که بالاترین ضرایب همبستگی بین شاخص برداشت با عملکرد دانه ($r=۰/۹۹^{**}$)، تعـداد کل دانـه در بوته ($r=۰/۹۶^{**}$) و عملکرد بیولوژیک ($r=۰/۸۹^{**}$) مشاهده شد، این در حالی بود که سطح برگ ($r=-۰/۷۰^{**}$) و تراکم علف هرز باریک برگ، گندم ($r=-۰/۶۵^{**}$) و همچنین تراکم کل علف‌های هرز ($r=-۰/۶۵^{**}$) و وزن خشک علف‌های هرز ($r=-۰/۳۲^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌داری را با شاخص برداشت نشان دادند (جدول ۶). این گویای آن است که علف‌های هرز با رقابت برای نور و جذب مواد غذایی منجر به کاهش فتوسنتز گیاه زراعی می‌شوند و نهایتا رشد گیاه زراعی و عملکرد آن را دچار اختلال می‌کنند و عملکرد و شاخص برداشت را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهند (۲۷). در حقیقت شاخص برداشت بیان‌کننده نسبت توزیـع مـواد فتوسـنتزی بـین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی است در

نتیجه هر عاملی که سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به وزن خشک کل گیاه شود، سبب افزایش این شاخص می‌شود که خود نشان‌دهنده تخصیص مناسب‌تر مواد فتوسنتزی و عناصرغذایی به دانه به‌عنوان محصول اقتصادی است (۲۱ و ۳۳). کودهای زیستی حاوی جلبک، به‌عنوان یک تحریک کننده رشد گیاهی، علاوه بر تثبیت نیتروژن مولکولی سبب تولید اکسین‌ها شده و در نتیجه سبب افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و بهبود جذب عناصرغذایی از خاک و رشد گیاه خواهد شد (۵، ۳۲ و ۳۷). افزایش شاخص برداشت تحت تأثیر کاربرد کود زیستی با توجه به اثر فزاینده آن بر توان رقابتی از طریق رشد رویشی و زایشی توجیه‌پذیر است، بنابراین می‌توان بیان داشت که کاربرد کودهای زیستی سیومیک، هیومیک اسید، بیومیک و مایع ارگانیک با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر به دانه، سبب افزایش شاخص برداشت شدند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی بالاترین عملکرد دانه در واحد سطح و شاخص برداشت در تیمار کود زیستی سیومیک به‌ترتیب به میزان ۲۵۹ گرم در مترمربع و ۴۸/۷ درصد در زمان عدم آلودگی به علف هرز مشاهده شد. از نظر توانایی رقابت با علف‌های هرز نیز کینوا تیمار شده با تمام کودهای زیستی، به‌خصوص کود زیستی سیومیک، از بالاترین توانایی رقابت با علف هرز برخوردار بود. در نهایت با استناد به نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از منابع کودهای زیستی به‌صورت مایه‌زنی از یک سو کمک شایانی به بالارفتن عملکرد محصول کرده و از سوی دیگر ضمن کاهش فراوانی علف‌های هرز مزرعه و کاهش مصرف سموم علف‌کش، می‌تواند از طریق کاهش مصرف کودهای شیمیایی به جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست کمک کند.

منابع مورد استفاده

1. Amiryousefi, M., M. Tadayon and R. Ebrahimi. 2020. A comparative study of the effect of chemical and biological fertilizers on some physiological traits, biochemical traits and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) in saline and non-saline soils. *Journal of Crop Production* 13: 125-146. (In Farsi).
2. Azadbakht, A., A. Esmaeli and F. Sori. 2013. Evaluation the effects of biological phosphorus fertilizer and weed control on agronomic characteristics and yield of corn (SC 704) in Koohdasht, Lorestan Province. *Journal of Plant Ecophysiology* 5: 48-63. (In Farsi).
3. Azizi, N., M. Ghorbani Nohooji, M. Arman and F. Sargazi. 2015. Studying of the plant biodiversity in the Arsanjan's Bonab park (Fars province). *Journal of Plant Ecosystem Conservation* 2: 1-16. (In Farsi).
4. Bagheri, M. 2019. Quinoa Cultivation. The Agricultural Education Publication, Karaj. (In Farsi).
5. Baral, B. R. and P. Adhikari. 2013. Effect of Azotobacter on growth and yield of maize. *SAARC Journal of Agriculture* 11: 141-147.
6. Barberi, P., A. Cozzani, M. Macchia and E. Bonari. 1998. Size and composition of the weed seed bank under different management systems for continuous maize cropping. *Weed Research* 38: 319-334.
7. Chauhan, B. S. 2020. Grand challenges in weed management. *Frontiers in Agronomy* 1: 1-4.
8. Chua, L. S., C. H. Lau, C. Y. Chew, N. I. M. Ismail and N. Soontorngun. 2018. Phytochemical profile of *Orthosiphon aristatus* extracts after storage: Rosmarinic acid and other caffeic acid derivatives. *Phytomedicine* 39: 49-55.
9. 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: 133-144.
10. FAO. 2020. Food and Agriculture Organization. Available online at: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL, 11/05/2020. Accessed 11 May 2020.
11. Fayek, M. A., T. A. Yehia, E. M. M. El-Fakhrany and A. M. Farag. 2011. Effect of ringing and amino acids application on improving fruiting of Le Conte Pear trees. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants* 3: 1-10.
12. Frick, B. and A. G. Thomas. 1992. Weed surveys in different tillage systems in southwestern Ontario field crops. *Canadian Journal of Plant Science* 72: 1337-1347.

13. Gomaa, E. F. 2013. Effect of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on quinoa plant. *Journal of Applied Sciences Research* 9: 5210-5222.
14. Habibzadeh, F., S. Hazrati, M. Gholam Hosseini and M. J. Nikjouyan. 2019. The effect of nitrogenous biological and chemical fertilizers on summer medicinal plant (*Satureja hortensis* L.). In: The Second International Conference and the Sixth National Conference on Organic and Conventional Agriculture. Ardabil, Iran. Volume 3, pp. 124-132. (In Farsi).
15. Heap, I. 2014. Herbicide resistant weeds. pp. 281-301, In: D. Pimentel and R. Peshin (eds.), Integrated Pest Management. Springer, Dordrecht.
16. Jarvis, D. E., Y. S. Ho, D. J. Lightfoot, S. M. Schmöckel, B. Li, T. J. Borm and M. Tester. 2017. Corrigendum: the genome of *Chenopodium quinoa*. *Nature* 542: 307-312.
17. Karimi, H., F. Zaefarian and M. Emadi. 2020. The effect of different nutritional systems on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in competition and non-competition with weeds. *Journal of Plant Production Research* 26: 61-77. (In Farsi).
18. Khosropour, E. and P. Atarod. 2019. Heavy metal accumulation and anatomical responses of plane plant to urban pollutions in two areas of Tehran. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 31: 791-80. (In Farsi).
19. Mącik, M., A. Gryta and M. Frąc. 2020. Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. *Advances in Agronomy* 162: 31-87.
20. MacLaren, C., J. Storkey, A. Menegat, H. Metcalfe and K. Dehnen-Schmutz. 2020. An ecological future for weed science to sustain crop production and the environment. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 40: 1-29.
21. Maghsoudi, E., A. Ghalavand and M. Aghaalikhani. 2014. Effect management strategies fertilizer nitrogen and biological on morphological traits, yield and quality traits corn (SC 704*). Iranian Journal of Field Crops Research* 12: 273-282. (In Farsi).
22. Mataei, S., R. Amirnia, M. Tajbakhsh and A. L. Mandulakani. 2014. Effects of iron, zinc and manganese and method of their application on phonology, yield and grain quality of sweet corn. *Journal of Crop Production and Processing* 4: 231-240.
23. Mishra, D. J., R. Singh, U. K. Mishra and S. S. Kumar. 2013. Role of bio-fertilizer in organic agriculture: a review. *Research Journal of Recent Science* 2: 39-41.
24. Moreno, C., C. E. Seal and J. Papenbrock. 2018. Seed priming improves germination in saline conditions for *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus caudatus*. *Journal of Agronomy and Crop Science* 204: 40-48.
25. Namvar, A. and T. Khandan. 2013. Response of wheat to mineral nitrogen fertilizer and biofertilizer (*Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp.) inoculation under different levels of weed interference. *Ekologija* 59: 85-94.
26. Oerke, E. C. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science* 144: 31-43.
27. Rahimizadeh, M. 2020. The assessment of weed competition effect on growth and yield of cotton with use chemical and biological fertilizers. *Journal of Crops Improvement* 22: 245-255. (In Farsi).
28. Rashid, M. I., L. H. Mujawar, T. Shahzad, T. Almeelbi, I. M. I. Ismail and M. Oves. 2015. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. *Microbiol Research* 183: 26-41.
29. Razzaghi, F., M. R. Bahadori-Ghasroldashti, S. Henriksen, A. R. Sepaskhah and S. E. Jacobsen. 2020. Physiological characteristics and irrigation water productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in response to deficit irrigation imposed at different growing stages. A field study from Southern Iran. *Journal of Agronomy and Crop Science* 206: 390-404.
30. Ruales, J. and B. M. Nair. 1993. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food Chemistry* 48: 131-136.
31. Salehi, M. and F. Dehghani. 2019. Planting and Harvesting Guide for Quinoa under Salinity Conditions. The Agricultural Education Publication, Karaj. (In Farsi).
32. Shahbazi, F., M. S. Nejad, A. Salimi and A. Gilani. 2015. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 8: 283-287.
33. Shahmirzaee Jeshvaghani, T., M. Rafieiolhossaini, A. Danesh Shahraki and A. Tadayyon. 2019. The effect of foliar application of humic acid on some agromorphological traits and photosynthetic pigments of Niger under drought stress. *Journal of Crops Improvement* 20: 817-830. (In Farsi).
34. Simarmata, T., T. Turmuktini, B. N. Fitriatin and M. R. Setiawati. 2016. Application of bioameliorant and biofertilizers to increase the soil health and rice productivity. *HAYATI Journal of Biosciences* 23: 181-184.
35. Tanwar, S. P. S., G. L. Sharma and M. S. Chahar. 2002. Effect of phosphorus and biofertilizers on growth and productivity of blackgram. *Legume Research-An International Journal* 26: 39-41.
36. Tavoosi, M. and Gh. A. Lotfali Ayeneh. 2017. Quinoa cultivation and its research results. *Agricultural research, education and extension organization (AREEO)* 2: 24-37. (In Farsi).
37. Tourfi, F. 2019. Effect of humic acid on yield, yield components and physiological parameters of wheat in deficit irrigation conditions. *Journal of Plant Production Sciences* 9: 121-132.

38. Umesha, S., P. K. Singh and R. P. Singh. 2018. Microbial biotechnology and sustainable agriculture. pp.185-205, In: R. L. Singh and S. Mondal (eds.), Biotechnology for Sustainable Agriculture, Woodhead Publishing Cambridge, Sawston.
39. Walters, H., L. Carpenter-Boggs, K. Desta, L. Yan, J. Matanguihan and K. Murphy. 2016. Effect of irrigation, intercrop, and cultivar on agronomic and nutritional characteristics of quinoa. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 40: 783-803.
40. Watson, P. R., D. A. Derksen, R. C. Van Acker and M. C. Blrvine. 2002. The contribution of seed, seedling, and mature plant traits to barley cultivar competitiveness against weeds. *In Proceedings of the National Meeting-Canadian Weed Science Society* 14: 49-57.
41. Wu, S. C., Z. H. Cao, Z. G. Li, K. C. Cheung and M. H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125: 155-166.
42. Xiang, W., L. Zhao, X. Xu, Y. Qin and G. Yu. 2012. Mutual information flow between beneficial microorganisms and the roots of host plants determined the bio-functions of biofertilizers. *American Journal of Plant Sciences* 3: 1115-1120.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 12, No. 3, Fall 2022, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Seed Biofertilizers Inoculation on Photosynthesis Rate, Yield, and Competitiveness Ability of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) with Weeds

R. Joukar Fathabadi[1] and S. A. Kazemeini[2*]

(Received: February 28-2022; Accepted: April 06-2022)

Abstract

In order to investigate the effect of quinoa seed inoculation on photosynthesis rate, yield and competitive ability with weeds, an experiment was conducted as split-plot based on a randomized complete block design with three replications at experimental farm of School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran during 2020 growing season. Treatments were three levels of weed management as main-plot (weedy, weed-free and weeding) and five levels of seeds inoculation with biofertilizers (humic acid, bioumic, seaumic, organic herbicide, and no biofertilizers) as subplots. The results showed that the highest rate of photosynthesis in all weed management levels was achieved in the presence of seeds inoculated with seaumic biofertilizer. The highest grain yield (259.63 g/m^2) and grain yield components (1000-seed weight, number of seeds per panicle, and number of panicles per plant) and harvest index (48.73%) were also obtained in weed-free plots when seeds were inoculated with seaumic biofertilizer. Leaf area index and dry weight of the main weed species (wheat) was significantly reduced in inoculation of seeds with biofertilizers compared to the no biofertiliuzer condition. The highest crop's competitive ability was achieved when the seeds were inoculated with seaumic treatment. The quinoa's competitive ability was increased by 2.8 times and 94.11% at weedy and weed-free treatments, respectively, compared with control in seed inoculation with seaumic treatment. Thus, our finding suggests that seed inoculation with biofertilizers, especially seaumic treatment is an effective strategy that can be used to enhance germination rate, growth, yield and weed competitive ability in quinoa.

Keywords: Bioumic, Humic acid, Organic liquid, Seaumic

1 and 2. Former MSc. Student and Professor, Respectively, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
*: Corresponding Author, Email: akazemeini@shirazu.ac.ir - kazemeini22@gmail.com