اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات بیوشیمیایی و عملکردی دو رقم کینوا

مهدی امیریوسفی[۱] محمودرضا تدین*[۱] و رحیم ابراهیمی[۲]

[۱] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

[۲] گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۰۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۹/۱۶)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کودهایی با عمل زیستی و شیمیایی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی کینوا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در منطقه برخوار اصفهان اجرا شد. در این آزمایش ارقام ساجاما وتیتیکاکا به‌عنوان فاکتور اول، چهار سطح کود زیستی شامل عدم‌تلقیح، تلقیح با نیتروکسین، تلقیح با بیوفسفر و تلقیح توأم با نیتروکسین و بیوفسفر به‌عنوان فاکتور دوم و چهار سطح کود شیمیایی شامل شاهد، اوره، سوپرفسفات تریپل و تلفیق اوره و سوپرفسفات تریپل به‌عنوان فاکتور سوم مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثرات برهم‌کنش سه‌گانه رقم، کود زیستی و کود شیمیایی بر میزان کاروتنوئیدها، کربوهیدرات کل پروتئین محلول، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت کینوا معنی‌دار شد. هر چند بیشترین عملکرد دانه در رقم ساجاما مشاهده شد، اما شاخص برداشت که نشان‌دهنده تخصیص مواد به مقصدهای فیزیولوژیکی (دانه) است، تفاوت معنی‌داری در این دو رقم نداشت. همچنین طول دوره رشد در رقم ساجاما ۳۲ روز بیشتر از رقم تیتیکاکا بود که این موضوع علاوه بر افزایش نیاز آبی در رقم ساجاما، موجب به تأخیر افتادن کشت بعدی مزرعه شد. از طرفی تمامی صفات بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده (شامل میزان کلروفیل کل، کاروتنوئیدها،کربوهیدرات کل و پروتئین محلول) در رقم تیتیکاکا بیشتر از رقم ساجاما بود. از این رو با توجه به نتایج این پژوهش، توسعه کشت رقم تیتیکاکا به‌همراه استفاده از کودهای زیستی را می‌توان به‌عنوان راهکاری کاربردی جهت دستیابی به محصول باکیفیت‌تر و مصرف بهینه کودهای شیمیایی در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار در زراعت کینوا معرفی کرد.

کلمات کلیدی: پروتئین محلول، فسفر، عملکرد بیولوژیک، کربوهیدرات کل، کینوا، نیتروژن

مقدمه

یک راهکار عملی جهت کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار، توسعه کشت گیاهانی امیدبخش است که از ارزش غذایی بالایی برخوردار بوده و قابلیت تولید و عملکرد بالا در زمین‌های زراعی با حاصلخیزی کم و یا با محدودیت‌های فیزیکوشیمیایی را داشته باشند (زمانی و همکاران، ۱۳۹۳).

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd، گیاهی یکساله است که از آمریکای لاتین منشأ گرفته است. کینوا یک گیاه شورپسند است و قادر است تا شوری نزدیک به شوری آب دریا (۴۰ دسی‌زیمنس بر متر) را تحمل کند (Prager *et al.*, 2018). به‌دلیل مقاومت بالا به تنش‌های خشکی و شوری،

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mrtadayon@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

تولید دانه در دامنه‌ای از شوری که گندم و جو و یا سایر گیاهان زراعی معمول قادر به تولید نیستند، تنوع ژنتیکی بالا و تطابق‌پذیری به اقلیم‌های مختلف و کارایی بالای استفاده از منابع آب، کینوا می‌تواند گیاه مناسبی برای استفاده از منابع آب محدود و خاک‌های بسیار شور باشد (Iqbal *et al.*, 2018). پروتئین موجود در دانه‌های کینوا دارای کیفیت بالایی است و این گیاه را به معیارها و استانداردهای فائو به‌منظور تغذیه انسان نزدیک کرده است. کینوا از نظر داشتن اسیدآمینه لیزین نسبت به غلات و از نظر داشتن اسیدآمینه‌های متیونین و سیستئین نسبت به حبوبات برتری دارد (Gomez Pando, 2015).

از نظر کمی نیز دانه کینوا حدود ۱۴ تا ۲۰ درصد پروتئین داشته و سرشار از اسیدآمینه‌های ضروری مانند لیزین و متیونین است که در بیشتر دانه‌های خوراکی غلات، به میزان بسیار کمی وجود دارند (Basra *et al.*, 2014). ارزش غذایی بسیار بالای دانه کینوا موجب مقایسه آن با شیر خشک توسط سازمان خواروبار و کشاورزی ملل متحد گردیده است. همچنین سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا (ناسا) از کینوا به عنوان غذای اصلی فضانوردان در مأموریت‌های فضایی استفاده می‌کند (Telahigue *et al.*, 2017). گیاه کینوا با وجود ارزش غذایی بالا، مقاومت زیادی در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیرزیستی مانند سرما، شوری و خشکی از خود نشان داده است و قابلیت رشد در زمین‌های حاشیه‌ای را دارد (Pulvento *et al.*, 2012). این عوامل سبب شده که توسعه کینوا به‌عنوان یک گیاه مناسب در راستای دستیابی به سیاست‌های جهانی کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گیرد. به نحوی که سطح زیر کشت جهانی این گیاه از ۳۶ هزار هکتار در سال ۱۹۸۰ به ۲۰۰ هزار هکتار در سال ۲۰۱۷ رسیده است (Fawy *et al.*, 2017).

استفاده از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد و به‌دلیل افزایش بقایای حاصل از تولید محصولات و بازگشت آنها به خاک تا حدودی ماده آلی خاک را افزایش می‌دهد (Geng *et al.*, 2019). اما مصرف طولانی مدت این کودها موجب تخریب ساختمان خاک می‌شود. به نحوی که متلاشی‌شدن ذرات خاک و پیوستن این ذرات به نیتروژن کودهای شیمیایی، کاهش هم‌آوری خاکدانه‌ها را به همراه دارد (Zavattaro *et al.*, 2016). درنتیجه استفاده طولانی مدت و بی‌رویه از کودهای شیمیایی، علاوه بر ایجاد مخاطرات بهداشتی و زیست‌محیطی فراوان، ماده آلی خاک را بیشتر از آنچه که بقایای گیاهی به خاک اضافه می‌کنند، کاهش می‌دهد (Geng *et al.*, 2019). این عوامل سبب شده است که برای تأمین نیاز غذایی گیاهان، گرایش بیشتری به سمت مصرف کودهای غیرشیمیایی صورت پذیرد و تولید کودهای آلی مورد توجه جدی قرار گرفته است (راستی و همکاران، ۱۳۹۳).

کودهای زیستی، در حقیقت ماده‌هایی شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادزی بوده که طی فرایندهای بیولوژیکی، عناصر غذایی اصلی را از شکل غیرقابل دسترس به شکل قابل دسترس گیاه تبدیل نموده و منجر به جوانه‌زنی بهتر بذر و توسعه سامانه ریشه‌ای گیاه می‌گردند (Rajendran and Devaraj, 2004). استفاده از کودهای زیستی از مؤثرترین شیوه‌های مدیریتی برای حفظ کیفیت خاک در سطح مطلوب است. این کودها در برخی از فرایندهای دخیل در کنترل زیستی پاتوژن‌های گیاهی، چرخه عناصر غذایی و استقرار گیاهچه نقش دارند (Wu *et al.*, 2005). کودهای زیستی در برخی موارد به‌عنوان جایگزین و در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (Khorshidi *et al.*, 2011). کود زیستی نیتروکسین از طریق بهبود مواد آلی و فعالیت بیولوژیک خاک و عرضه عناصر غذایی، موجب افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌گردد (Sabbagh *et al.*, 2017). کود زیستی بیوفسفر نیز با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند (Kocabas *et al.*, 2010). کودهای زیستی 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، افزایش کمی و کیفی محصول و افزایش مقاومت گیاهان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

به تنش‌های محیطی می‌شوند (Wu *et al*., 2005). با این وجود به‌نظر می‌رسد که در نظام‌های کشتی که از راهکار کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی استفاده می‌کنند، دستیابی به کارایی بهینه استفاده از عناصر غذایی امکان‌پذیرتر باشد (Rajendran and Devaraj, 2004).

بنا به گزارش Gomaa (۲۰۱۳) تیمار کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کینوا نسبت به تیمار شاهد شده است. همچنین گزارش شده که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به میزان توصیه‌شده در خاک، از طریق افزایش معنی‌دار سطح برگ کینوا موجب افزایش فتوسنتز و درنتیجه افزایش عملکرد در این گیاه شده است (Basra *et al*., 2014). Bilalis و همکاران (۲۰۱۲) نیز تأثیر منابع مختلف کود آلی را بر افزایش شاخص سطح برگ کینوا را معنی‌دار گزارش کردند.

به‌طور کلی گزارش شده است که کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر در گیاهان، مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌گردند (Yasari and Patwardhan, 2007). افزایش درصد پروتئین بر اثر استفاده از کودهای زیستی با تأثیر این باکتری‌ها بر کارایی تنظیم‌کنندگی رشد و افزایش فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی در گیاهان مرتبط دانسته شده است (RamRao *et al*., 2007). افزایش مقدار کربوهیدرات‌های محلول کل تحت تأثیر کوهای زیستی نیز به اثر مثبت این کودها بر متابولیسم قند و در پی آن افزایش رشد گیاه نسبت داده شده است (Akbari *et al*., 2011). حفظ حاصلخیزی خاک از طریق تأمین مقدار کافی عناصر غذایی قابل تبادل و ایجاد تعادل شیمیایی بین آنها، با مصرف بهینه‌ی کودها میسر می‌شود. برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی، بایستی نوع کود و مقدار آن، زمان و روش پخش کود براساس ویژگی‌های خاک، نوع گیاه، شرایط اقلیمی و اهداف کشاورزی پایدار منطبق گردد تا از اثرات منفی مصرف اضافی کودهای شیمیایی، جلوگیری شود (Singh *et al*., 2017).

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 نموی و نیاز تغذیه‌ای (کودی) این گیاه در کشور در دسترس نیست. از آنجایی که قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک تحت تأثیر شرایط محیطی تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌یابد، مدیریت تغذیه یکی از مسائل مهم در تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود؛ از این رو، هدف از این مطالعه دستیابی به اطلاعات دقیق در مورد واکنش دو رقم زراعی رایج کینوا در جهان شامل رقم ساجاما (Sajama) و رقم تیتیکاکا (Titicaca) به کودهای زیستی و شیمیایی، همچنین بررسی اثرهای ساده و اثرهای ترکیبی کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات بیوشیمیایی و عملکرد این ارقام به‌منظور شناخت و توصیه رقم سازگارتر با شرایط محیطی و آب و هوایی کشور بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی صفات بیوشیمیایی و عملکرد دو رقم کینوا شامل ساجاما و تیتیکاکا آزمایشی به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در منطقه دستگرد (برخوار) اصفهان (طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ٤٨ دقیقه و با ۱۵۷۲ متر ارتفاع از سطح دریا) در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. برای انجام این پژوهش بذر ارقام ساجاما و تیتیکاکا از شرکت کیان تجارت سانا استان گلستان تهیه گردید. تفاوت عمده در ارقام مورد بررسی، طول دوره رشد آنها است، به نحوی که طول دوره رشد در رقم ساجاما حدود ٤٠ روز بیشتر از رقم تیتیکاکا گزارش شده است (Bois *et al*., 2006). در این آزمایش ارقام ساجاما و تیتیکاکا به‌عنوان فاکتور اول، چهار سطح کود زیستی شامل شاهد (بدون کود زیستی)، نیتروکسین، بیوفسفر و تلفیق نیتروکسین و بیوفسفر به‌عنوان فاکتور دوم و چهار سطح کود شیمیایی شامل شاهد (بدون کود شیمیایی)، کود شیمیایی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن کل	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	روی	بافت خاک
	(dS/m)	(%)		(mg.kg^{-1})			
۷/٤	۲/۹۱	۱/۲۳	۰/۱۲	۳۳۵	۹/۳	۰/٦۳	لومی شنی

نیتروژنی، کود شیمیایی فسفردار، تلفیق کود شیمیایی نیتروژنی و کود شیمیایی فسفردار به‌عنوان فاکتور سوم مورد ارزیابی قرار گرفتند. کودهای زیستی نیتروکسین (حاوی غلظت‌های مختلف از باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و باکتری‌های محرک رشد که باعث جذب نیتروژن خاک توسط گیاه می‌گردند) و بیوفسفر (شامل دو نوع باکتری حل‌کننده فسفر از گونه‌های باسیلوس و سودوموناس که باعث جذب فسفر خاک توسط گیاه می‌شوند)، از شرکت زیست‌فناوری فرزانگان خریداری شده و براساس توصیه شرکت سازنده (مصرف یک لیتر در هکتار)، هنگام کشت به‌صورت بذر مال مصرف گردیدند. تیمارهای کود شیمیایی نیز براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره و ۷۵ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار اعمال شدند. لازم به ذکر است که تمامی کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل و ۵۰ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت به زمین اضافه شدند. ۵۰ درصد باقیمانده کود نیتروژنه نیز قبل از گلدهی به‌کار رفت (Garcia *et al*., 2015).

جهت سنجش دقیق اثر عناصر غذایی مورد آزمایش، قبل از کاشت به همه کرت‌ها براساس آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه و نیاز غذایی کینوا، سایر عناصر و کودهای توصیه‌شده اضافه شد. هر واحد آزمایشی شامل شش ردیف کاشت شش متری با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته در ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود که تراکم بوته‌ای معادل ۳۳ بوته در متر مربع ایجاد شد. هر دو رقم در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه به روش خشکه‌کاری و با دست کشت شدند و آبیاری نیز براساس عرف منطقه صورت گرفت. اما از آنجایی که دوره رشد در رقم ساجاما ۳۲ روز بیشتر از رقم تیتیکاکا به طول انجامید (رسیدگی فیزیولوژیک در رقم ساجاما ۳۲ روز دیرتر از رقم تیتیکاکا صورت گرفت، درنتیجه این رقم ۳۲ روز دیرتر برداشت شد)، آبیاری برای رقم ساجاما دو مرتبه بیشتر از رقم تیتیکاکا انجام شد.

شاخص‌های بیوشیمیایی اندازه‌گیری‌شده شامل میزان کلروفیل کل، کارتنوئیدها، کربوهیدارت کل و محتوای پروتئین محلول موجود در نمونه‌های برگی بودند. جهت تعیین میزان رنگ دانه‌های کلروفیل و کارتنوئید موجود در برگ از روش Arnon (۱۹۹٤) استفاده شد. براساس این روش یک گرم از برگ تازه هر نمونه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون ساییده شد، سپس نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جداشده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ به تیوب‌های با حجم یک سی‌سی منتقل گردید. پس از آن مقداری از نمونه داخل تیوب در کووت اسپکتروفتومتر ریخته شد و مقدار جذب با دستگاه طیف‌سنج نوری در طول‌موج‌های ٦٦۳ نانومتر برای کلروفیل a، ٦٤٥ نانومتر برای کلروفیل b و ٤۷۰ نانومتر برای کارتنوئید ثبت گردید. درنهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به‌دست آمد.

Chlorophyll a = (19.3 × A663 - 0.86 × A645) V / 100W
Chlorophyll b = (19.3 × A645 - 3.6 × A663) V / 100W
Total Chlorophyll = Chlorophyll a + Chlorophyll b
Carotenoids = 100 (A470) - 3.27 (mg chl a) – 104 (mg chl b) / 227

همچنین جهت تعیین درصد پروتئین موجود در نمونه‌های برگی دو رقم کینوا مورد مطالعه، ابتدا با دستگاه کجلدال مدل گرهارت (Gerhardt) ساخت آلمان، مطابق فرمول زیر درصد نیتروژن موجود در نمونه‌ها محاسبه شد (Bradford, 1996) .

درصد نیتروژن = {(۱/٤۰۰۸ × نرمالیته اسید مصرفی × (V_s – V_b)} / وزن نمونه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

V_s در فرمول فوق نشان‌دهنده مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون نمونه (کلریدریک اسید ۰/۱ نرمال) و V_b بیان‌گر مقدار کلریدریک اسید ۰/۱ نرمال مصرفی برای تیتراسیون نمونه شاهد است. درنهایت درصد پروتئین با استفاده از ضریب ٦/٢٥ و براساس معادله زیر محاسبه گردید (Bradford, 1996).

درصد پروتئین = درصد نیتروژن × ٦/٢٥

اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول در برگ نیز با استفاده از اتانول ۹۵ درصد و براساس روش سولفوریک اسید انجام شد (رضایی‌فر و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین به‌منظور اندازه‌گیری زیست‌توده کل (عملکرد بیولوژیک) و عملکرد دانه، بوته‌های موجود در هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای در ۵ متر مربع به‌صورت جداگانه کف بر شده و برداشت گردیدند. سپس با وزن کردن کل نمونه، عملکرد بیولوژیک تعیین شد. پس از آن دانه‌ها را از کاه و کلش جدا کرده و عملکرد دانه از مساحت برداشت‌شده محاسبه شد. در انتها از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به‌صورت درصد تعیین شد. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه‌ی ۹/۱ مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و میانگین‌ها به‌وسیله آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. برای رسم شکل‌ها از برنامه Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

کلروفیل کل: نتایج تجزیه واریانس میزان کلروفیل در کینوا نشان داد که اثرات ساده رقم، کود زیستی و کود شیمیایی همچنین اثر برهمکنش رقم در کود زیستی و اثر برهمکنش کود زیستی در کود شیمیایی در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر برهمکنش رقم در کود زیستی نیز نشان داد که بجز تیمار کود زیستی بیوفسفر که در آن اختلاف معنی‌داری در میزان کلروفیل برای ارقام مورد مطالعه مشاهده نشد، میزان کلروفیل در سایر تیمارهای کود زیستی مورد بررسی، در رقم تیتیکاکا بیشتر از رقم ساجاما با تیمار کود زیستی مشابه بود. از بین کودهای زیستی مورد مطالعه نیز نیتروکسین بیشترین تأثیر را در افزایش میزان کلروفیل برای هر دو رقم کینوا داشت به نحوی که بیشترین میزان کلروفیل (۳/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در رقم تیتیکاکا با تیمار کود زیستی نیتروکسین مشاهده شد (شکل a–۱). از طرفی مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود زیستی در کود شیمیایی نشان داد که در تمامی سطوح کود زیستی، میزان کلروفیل در تیمارهایی که کود شیمیایی نیتروژن (اوره) را دریافت کرده بودند بیشتر بود. به نحوی که در مجموع بیشترین میزان کلروفیل (٥/٢٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار کاربرد کود زیستی نیتروکسین و کود شیمیایی اوره و کمترین میزان کلروفیل (۲/۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل b–۱).

به نظر می‌رسد که اثر منابع مختلف کودی بر افزایش کلروفیل کینوا، اساساً از طریق بهبود جذب نیتروژن و افزایش نیتروژن برگ صورت پذیرفته باشد، زیرا نیتروژن از یک سو باعث فراهمی پیش‌سازهای کلروفیل شده و از سوی دیگر باعث افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به‌عنوان پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست می‌شود (Fayek *et al.*, 2011). به نحوی که بنا به گزارشات در شرایط کمبود نیتروژن در گیاه، پروتئین‌ها و کوآنزیم‌های کلروفیل در کلروپلاست، به‌دلیل کمبود نیتروژن قادر به سنتز نبوده و فعالیت‌های فتوسنتز و کلروفیل مختل می‌شود (Hocking and Stapper, 2010).

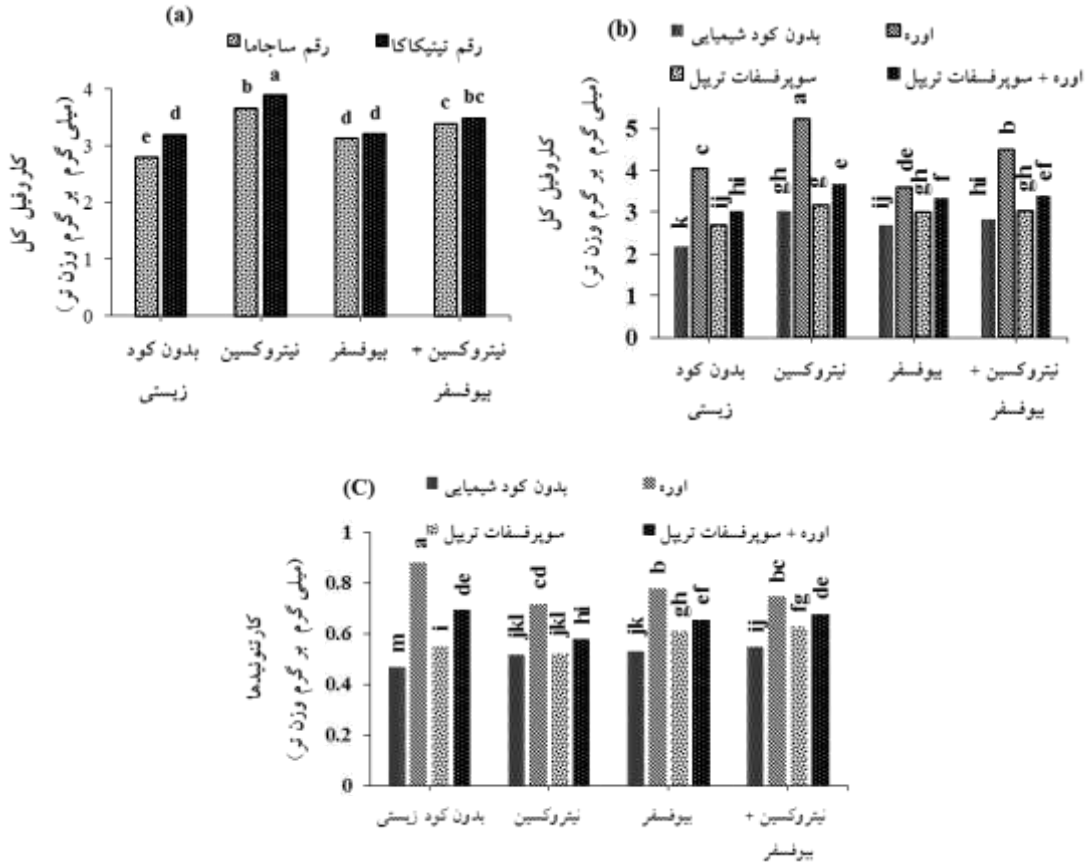
Gomaa (۲۰۱۳) با بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن و فسفر بر کینوا گزارش کرد که مصرف همزمان کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن و فسفر به‌دلیل تأمین عناصر مورد نیاز در طی دوره رشد موجب افزایش کلروفیل و بهبود فرآیندهای فتوسنتزی در این گیاه شده است که این موضوع با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد. Basra و همکاران (۲۰۱٤) نیز با بررسی تأثیر منابع مختلف کود نیتروژن بر ارقام مختلف کینوا گزارش کردند که کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و عملکرد دو رقم کینوا

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل کل	کاروتنوئیدها	کربوهیدرات کل	پروتئین محلول	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱/٦٥**	۰/٦۲**	۱۲۰٥/۰٦**	۱۰۹۸/۸٤$^{n.s}$	۳۲۱۰۹۰/۷٥**	۱۳۷۳٥۱۱/۷٦**	۱۱۲/۳۸*
رقم (A)	۱	۰/۹۹**	۰/۰۳**	۱۳۲۱/۷۹**	۱۳٤۹۱/۲۲**	۷٤۰٥۰٥/٦۹**	۱۹۸۹۷۹۲/۰۲**	٤/٥۹$^{n.s}$
کود زیستی (B)	۳	۲/۸۲**	۰/۰۳**	۳۹۸/۹۱**	۱۷٦۷۱/۸٥**	۳٥٥۹۱۰٦/۷۱**	٦۱٥٤۹۹۱/٥۱**	۳٥۳/۹٥**
کود شیمیایی (C)	۳	۱۲/٥۹**	۰/۰٥**	۱۱٤۰/۹۸**	٤٤۸۱۲/٥۸**	۷۸٥۸٤٥٦/٥٥**	۱٥٥٥٥۱۸۲/٥۷**	٦٦۲/۲۸**
B × A	۳	۰/۱۳**	۰/۰۰٤$^{n.s}$	٤۹/۹۱**	۲۳۷۰/۸۱**	۹۲۷۸٦۹/٥۸**	۲٤٤۳۲۰/٥۰$^{n.s}$	۲٥۰/۰۹**
C × B	۳	۰/٥**	۰/۰۹**	۲٦/۸۰**	۷۹۹/٥۹$^{n.s}$	۱۷۳۳٥۸/٥٤**	٦٥۹۸۸۲/۹۰**	۲۹/۸٤$^{n.s}$
C × A	۹	۰/۰۲$^{n.s}$	۰/۰۰۰۱$^{n.s}$	۲۰/۰۱**	۳۸۱/٥۷$^{n.s}$	۱۱۷٥۸۸۰/۲۰**	۱۲۰۳۹٥٥/٤۸**	۲۰٤/۳۷**
C × B × A	۹	۰/۰۳$^{n.s}$	۰/۰۰۰۲$^{n.s}$	۱٥/۱٤**	۲۰٦۰/٥۳**	۱٤۷٥۷۲/٥۰**	۳۷۸۱٥۱/۳۷**	٥٦/٦۱*
اشتباه آزمایش	٦۲	۰/۰۲	۰/۰۰۱۲	۳/۳٦	٤۸٤/۰٦	٤۰۸۳۸/٤٦	۱۱٤۰۳۰/٤۱	۲٤/٥۷
ضریب تغییرات	-	٤/٥۳	٥/٥۲	٤/٦۳	۸/۳۳	۱۰/۲۱	٦/۹۲	۱۲/٤٦

ns، * و **: به‌ترتیب عدم‌وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود زیستی و رقم (a)، کود زیستی و کود شیمیایی (b) بر کلروفیل کل و اثر برهمکنش کود زیستی و کود شیمیایی (c) بر کارتنوئیدهای دو رقم کینوا. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

نیتروژن برگ در ارقام کینوا شده و این موضوع افزایش میزان کلروفیل را به‌همراه داشته است. افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل تحت تأثیر کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی در گیاهان متعددی از جمله گندم توسط حاجی بلند و همکاران (۱۳۸۳)، ذرت توسط نصراله‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) و سویا توسط پارسا و همکاران (۱۳۹۷) نیز گزارش شده است. در مجموع به نظر می‌رسد در تیمارهای کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی مورد مطالعه، کمک کودهای زیستی به جذب و فراهمی بهتر عناصر موجود در کودهای شیمیایی توسط گیاه، با توجه به نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی شده‌اند.

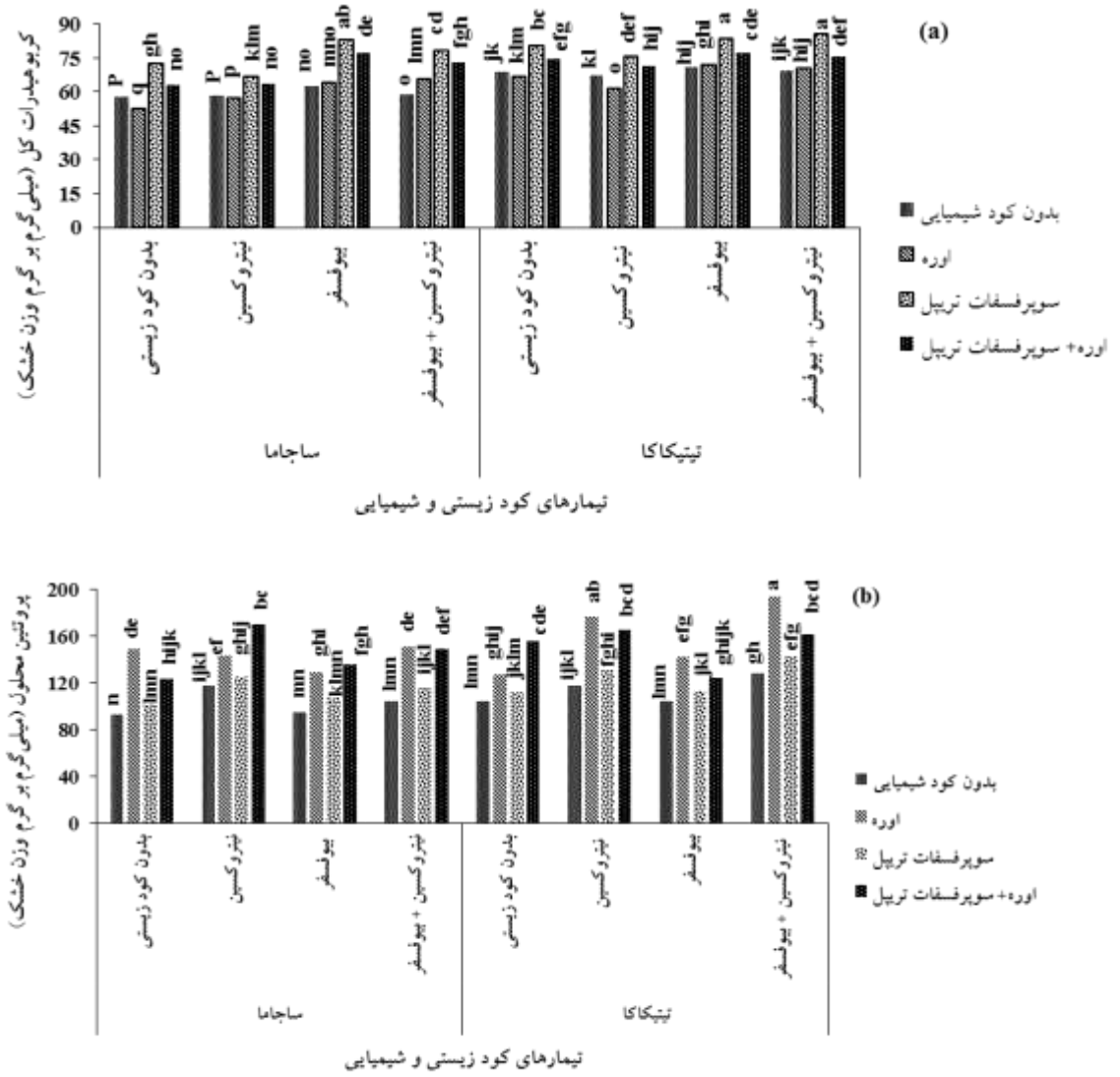
کاروتنوئیدها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هر یک از اثرات ساده رقم، کاربرد کود زیستی و کاربرد کود شیمیایی همچنین اثر برهمکنش کود زیستی در کود شیمیایی بر میزان کاروتنوئید کینوا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). از طرفی مقایسه میانگین‌های اثر برهمکنش کودهای زیستی و شیمیایی نشان داد که کود شیمیایی نیتروژن بیشترین تأثیر را بر افزایش میزان کاروتنوئید در کینوا داشته است. به نحوی که بیشترین میزان کاروتنوئید (۰/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار بدون کود زیستی با کاربرد کود شیمیایی نیتروژن مشاهده شد، کمترین میزان کاروتنوئید (۰/٤٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نیز مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین در تمامی سطوح کود زیستی، بیشترین میزان کاروتنوئید مربوط به تیمار کاربرد کود شیمیایی نیتروژن بوده است (شکل c-۱).

از آنجایی که هر مولکول کاروتنوئید یک زنجیره بلند هیدروکربنی اشباع نشده است، نیتروژن نقش اساسی در ساختار آن ایفا می‌کند (Hopkins, 2004). به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر در خاک، از طریق افزایش جذب نیتروژن موجب افزایش میزان کاروتنوئید در کینوا شده است. Fawy و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که مصرف کود شیمیایی نیتروژن به میزان توصیه‌شده در خاک باعث افزایش معنی‌دار میزان کاروتنوئید در گیاه کینوا شده است. آنها همچنین تأثیر سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن بر میزان کاروتنوئید گیاه کینوا را در ارقام مختلف معنی‌دار گزارش کردند. یافته‌های این پژوهشگران با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. Basra و همکاران (۲۰۱٤) نیز گزارش کردند که سطوح بالای کود شیمیایی نیتروژن (۱۰۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) از طریق افزایش نیتروژن برگ کینوا موجب افزایش میزان کاروتنوئید در این گیاه شده است.

اثر معنی‌دار کاربرد کودهای شیمیایی بر افزایش میزان کاروتنوئید در گیاهان زراعی مختلف درنتیجه پژوهش‌های یوسف‌پور و همکاران (۱۳۹۳) و Yasari وPatwardhan (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است. از آنجایی که کودهای زیستی در طول دوره رشد از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش pH، نیتروژن بیشتری را به‌صورت محلول در اختیار گیاه قـرار می‌دهند، به طور کلی کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی موجب فراهمی بهتر عناصر غذایی مختلف از جمله نیتروژن برای گیاه می‌شود و افزایش نیتروژن در گیاه باعث افزایش میزان کارتنوئید می‌شود (Han *et al*., 2007).

کربوهیدرات کل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد میزان کربوهیدرات کل در کینوا تحت تأثیر تیمارهای رقم، کود زیستی و کود شیمیایی قرار گرفت. به طوری که اثر ساده همچنین اثرات برهمکنش دوگانه و سه‌گانه این تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (شکل a-۲) کمترین میزان کربوهیدرات کینوا (۵۲/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در رقم ساجاما و تحت تیمار کود شیمیایی نیتروژن و عدم‌تلقیح بذور با کود زیستی حاصل شد، بیشترین میزان کربوهیدرات (۸۵/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) نیز در رقم تیتیکاکا با تیمار تلقیح بذور با هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به همراه کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل مشاهده شد که این مقدار با تیمار کاربرد کود زیستی بیوسفر به‌همراه کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل در هر دو رقم ساجاما (۸۳/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و تیتیکاکا

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر برهمکنش رقم، کود زیستی و کود شیمیایی بر کربوهیدرات کل (a) و پروتئین محلول (b) دو رقم کینوا. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

(۸۳/۹٤ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) اختلاف معنی‌داری نداشت. این نتایج نشان می‌دهد که منابع کود فسفر مورد استفاده در این پژوهش بیشترین تأثیر را در افزایش میزان کربوهیدرات‌ها در هر دو رقم کینوای مورد بررسی داشته است.

گزارش شده است که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی فسفر موجب افزایش تعداد و طول ساقه‌ها در گیاهان زراعی می‌شود و در پی آن تعداد برگ‌های موجود بر روی ساقه‌ها و درنهایت میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد (Razaq *et al.*, 2017). درنتیجه به نظر می‌رسد فسفر با مشارکت در فرایندهای رشدی و تقسیم سلولی سبب گسترش سطح برگ شده و از طریق فعالیت‌های آنزیمی و شرکت در واکنش‌های تولید انرژی و ترکیبات چرخه کالوین موجب افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر کربوهیدرات‌های فتوسنتزی برای هر دو رقم کینوای مورد مطالعه شده است. Gomaa (۲۰۱۳) نشان داد که کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی با تأثیر مثبت بر ویژگی‌های خاک، شرایط ریزوسفر را برای رشد بوته‌ها بهبود می‌بخشد و این عوامل از طریق افزایش و تحریک رشد گیاه، منجر به افزایش میزان فتوسنتز و کربوهیدرات‌ها در کینوا

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

می‌شوند. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های این پژوهش‌گر مطابقت دارد.

افزایش مقدار کربوهیدرات محلول در اثر کاربرد منابع مختلف کودهای نیتروژن و فسفر در گیاهان دارویی نظیر کاسنی توسط رضایی‌نیا و همکاران (۱۳۹۵) و چای ترش توسط Gendy و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است. به طور کلی گزارش شده که مصرف کودهای زیستی به‌عنوان مکمل به‌دلیل فراهم‌کردن و رهاسازی آسان و سریع‌تر عناصر مورد نیاز در فتوسنتز، علاوه بر افزایش کارایی کودهای شیمیایی، موجب افزایش کربوهیدرات‌های محلول گیاهان می‌شوند (Amany, 2016).

پروتئین محلول: میزان پروتئین محلول در کینوا تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و هر یک از اثرات ساده رقم، کاربرد کود زیستی، کاربرد کود شیمیایی، اثر برهمکنش رقم در کود زیستی و همچنین اثر برهمکنش سه‌گانه تیمارها بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). همان‌طور که در شکل b-۲ مشاهده می‌شود کمترین میزان پروتئین محلول در هر دو رقم ساجاما (۹۲/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و تیتیکاکا (۱۰۵/۰۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) مربوط به تیمار شاهد (بدون کود زیستی- بدون کود شیمیایی) بوده است. همچنین بیشترین میزان پروتئین محلول برای رقم تیتیکاکا (۱۹٤/٤۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) تحت تیمار تلقیح بذور با هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به‌همراه کاربرد کود شیمیایی اوره و برای رقم ساجاما (۱۷۰/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار تلقیح بذور با کود زیستی نیتروکسین به‌همراه کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل و حاصل شده است. از طرفی در تمامی سطوح کود زیستی تیمارهای حاوی کود شیمیایی نیتروژن (اوره) نسبت به تیمارهایی که فقط کود شیمیایی فسفر (سوپرفسفات تریپل) دریافت کرده بودند، از پروتئین محلول بیشتری برخوردار بودند (شکل b-۲). این نتایج نشان می‌دهد که نیتروژن بیشترین تأثیر را بر افزایش میزان پروتئین محلول در هر دو رقم کینوای مورد بررسی داشته است.

Geren (۲۰۱۵) با بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر کینوا نشان داد که سطوح بالای نیتروژن، سنتز آمینواسیدها را در کینوا افزایش داده و موجب تجمع پروتئین در برگ‌های این گیاه شده است. او همچنین گزارش کرد که مقدار پروتئین در برگ‌هایی که دارای فتوسنتز فعال هستند زیاد بوده و این شرایط، به‌ویژه در شرایط کاربرد نیتروژن مناسب، مشاهده شده است. Kansomjet و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که میزان پروتئین‌های محلول در کینوا با کاربرد نیتروژن و شرایط مناسب رشد افزایش می‌یابد. این گزارشات یافته‌های پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. افزایش میزان پروتئین محلول در اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در گیاهان متعددی از جمله گندم، ذرت و آفتابگردان به‌ترتیب توسط Kizilkaya (۲۰۰۸)، Sandhya و همکاران (۲۰۱۰) و Shoghi-Kalkhoran و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شده است. دلیل افزایش میزان پروتئین برگ در اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی، جذب و قابلیت دسترسی نیتروژن و فسفر بیشتر از خاک به‌وسیله گیاهان در شرایط کاربرد کودهای زیستی به‌عنوان مکمل کودهای شیمایی بیان شده است (Wu *et al.*, 2005).

عملکرد دانه: نتایج این پژوهش نشان داد که اثر رقم، کود زیستی، کود شیمیایی و اثر برهمکنش تمامی این تیمارها بر عملکرد دانه کینوا معنی‌دار بود (جدول ۲). با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که در تمام سطوح کود زیستی کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل توانست عملکرد دانه کینوا را به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها در همان سطح کود زیستی افزایش دهد، به نحوی که بیشترین عملکرد دانه به مقدار ۳٦۱٦ کیلوگرم در هکتار در رقم ساجاما و تحت تیمار تلفیق کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به‌همراه مصرف اوره و سوپرفسفات تریپل حاصل شد. پس از آن نیز عملکرد دانه به‌میزان ۳۲۰٦ کیلوگرم در هکتار در رقم تیتیکاکا و با تیمار کودی مشابه (تلفیق کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به‌همراه مصرف اوره و سوپرفسفات تریپل) در گروه دوم آماری قرار گرفت. کمترین میزان عملکرد دانه (۸۳۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

کیلوگرم در هکتار) نیز در رقم ساجاما و تحت تیمار شاهد (بدون کود زیستی – بدون کود شیمیایی) مشاهده شد (شکل a–۳).

Sa-nguansak (۲۰۰٤) در پژوهشی تفاوت عمده در مقادیر وزن هزار دانه را علت اصلی تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه در ارقام کینوا معرفی و تأثیر کودهای شیمیایی برافزایش عملکرد دانه این گیاه را مثبت اعلام کرد. Gomaa (۲۰۱۳) نیز گزارش کرد که باکتری‌های حل‌کننده فسفات در حضور کودهای شیمیایی حاوی فسفر، این عنصر را بیشتر و کارآمدتر در اختیار کینوا قرار می‌دهند و با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین جذب فسفر و نیتروژن وجود دارد، این باکتری‌ها می‌توانند به جذب بیشتر فسفر و نیتروژن توسط کینوا کمک کنند. در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد که کاربرد کودهای شیمیایی همراه با تلقیح بذور با کودهای بیولوژیکی باعث بهبود رشد و اجزای عملکرد دانه کینوا شده و از این طریق موجب افزایش عملکرد دانه شده است.

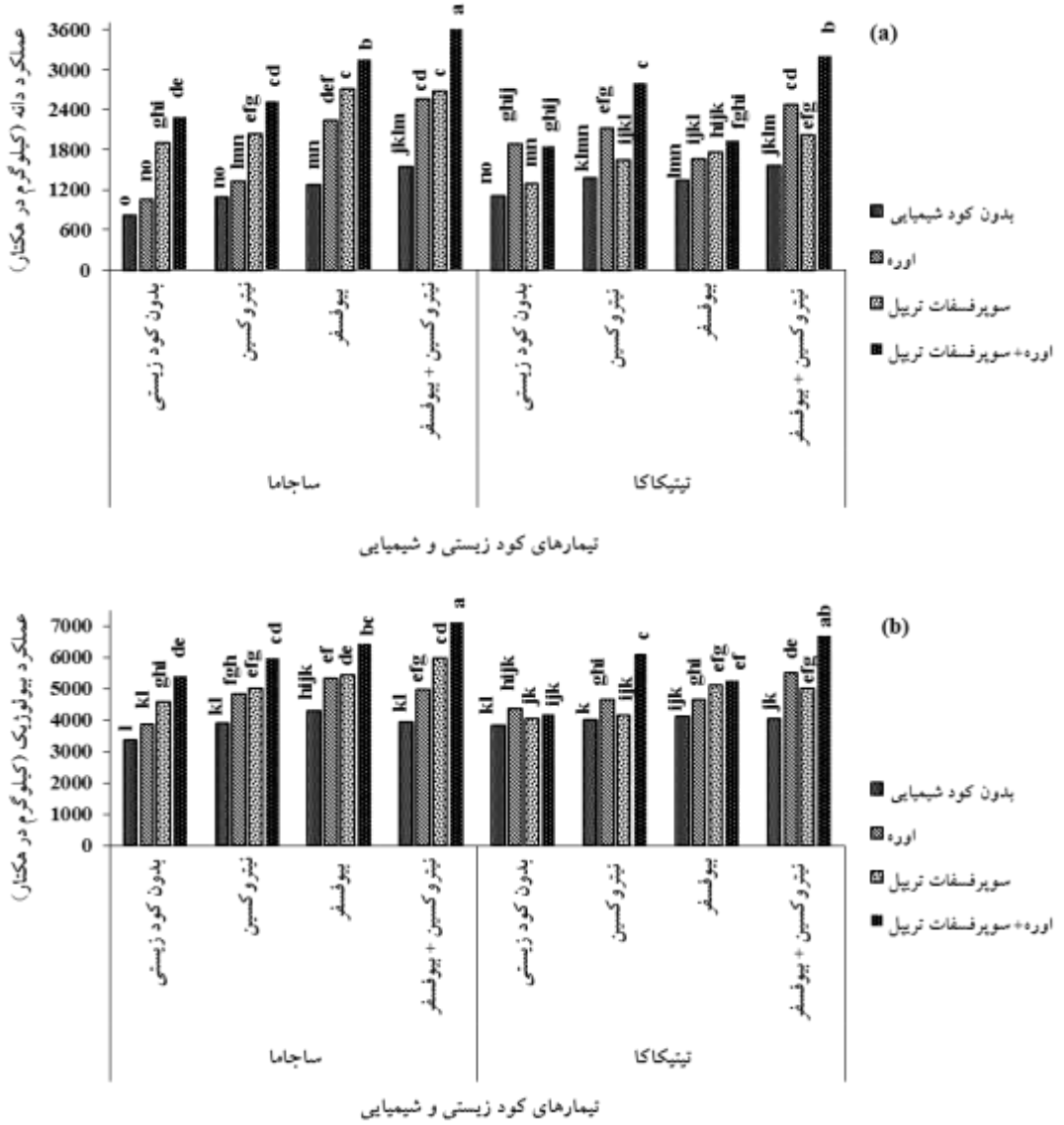
Roesty و همکاران (۲۰۰٦) و Bagayoko (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و فسفر از طریق بهبود فتوسنتز و افزایش اجزای عملکرد موجب افزایش عملکرد دانه می‌شوند. گزارش شده است که مصرف نیتروژن موجب افزایش ساخت پروتئین، جذب و ساخت کربن و انتقال آن به دانه در مرحله پرشدن دانه می‌شود و با تأثیرگذاری بر تولید شیره پرورده، سطح برگ و حفظ شدت فتوسنتز در مرحله پرشدن دانه‌ها، بر عملکرد دانه گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارد (Hopkins, 2004). در مورد فسفر نیز گزارش شده که این عنصر نقش کلیدی در فتوسنتز و پرشدن دانه‌ها دارد و از این رو سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Tanwar *et al*., 2002). به‌طور کلی نیتروژن و فسفر به‌دلیل وظایفی که در فرآیندهای حیاتی گیاه دارند نقش اساسی در دستیابی به عملکرد مناسب دارند، به همین دلیل مصرف کودهای نیتروژنه و فسفره همراه با کود زیستی سبب افزایش در عملکرد دانه می‌شود (Razaq *et al*., 2017).

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بجز اثر برهمکنش رقم در کود زیستی، اثر تمامی تیمارها بر عملکرد بیولوژیک کینوا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها مشخص کرد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۷۱۲۰ کیلوگرم بر هکتار) در رقم ساجاما با تیمار تلفیق کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به‌همراه مصرف اوره و سوپرفسفات تریپل حاصل شد. که این مقدار اختلاف معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک در رقم تیتکاکا (٦٦۷۵ کیلوگرم بر هکتار) تحت تیمار کودی مشابه نداشت. کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک (۳۳۷۰ کیلوگرم بر هکتار) نیز در رقم ساجاما و تیمار بدون کود مشاهده شد (شکل b–۳). Prager و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی ویژگی‌های رشدی و عملکرد ارقام مختلف کینوا در شرایط مزرعه، اختلاف معنی‌دار در عملکرد ارقام کینوا را به تفاوت عمده این ارقام از نظر طول دوره رشد، تعداد دانه در متر مربع و وزن هزار دانه آنها نسبت دادند. Abugoch (۲۰۰۹) در پژوهشی تأثیر کودهای شیمیایی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گیاه کینوا را در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار گزارش کرد. همچنین گزارش شده است که تیمار کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن و فسفر موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، شاخص سطح برگ و عملکرد بیولوژیک کینوا نسبت به تیمار شاهد شده است (Gomaa, 2013).

به‌طور کلی در مورد تأثیر استفاده از کودهای زیستی به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی گزارش شده است که باکتری‌های موجود دراین کودها، علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل‌کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر انواع هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد از جمله اکسین، ترشح اسیدهای آمینه مختلف، انواع آنتی‌بیوتیک موجب رشد قسمت‌های هوایی می‌شود. همچنین این باکتری‌ها می‌توانند با سایر میکروارگانیسم‌های ریزوسفر اثر هم‌افزایی مفیدی بر گیاهان داشته باشند (Wu *et al*., 2005). درنتیجه با مصرف باکتری‌های محرک رشد، جذب و ذخیره مواد غذایی در بخش‌های مختلف

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

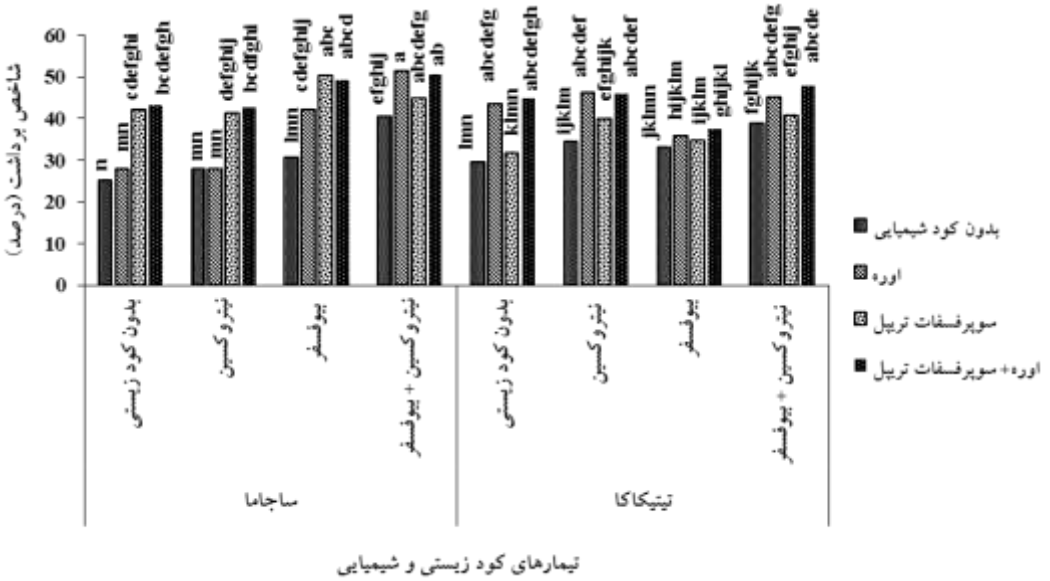


شکل ۳- برهمکنش رقم، کود زیستی و کود شیمیایی بر عملکرد دانه (a) و عملکرد بیولوژیک (b) دو رقم کینوا. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

گیاه از جمله برگ و ساقه افزایش می‌یابد و با ذخیره این مواد در گیاه، عملکرد ماده خشک کل گیاه نیز افزایش می‌یابد (بهامین و همکاران، ۱۳۹۸). احتمالاً در پژوهش حاضر نیز مجموع این عوامل موجب افزایش ماده خشک کل شده است.

شاخص برداشت: تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی (ساده) رقم و اثر برهمکنش کود زیستی در کود شیمیایی بر میزان شاخص برداشت کینوا معنی‌دار نبودند. اما اثر برهمکنش رقم در کود زیستی در کود شیمیایی برای این صفت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همان طور که در شکل ٤ قابل مشاهده است، بیشترین شاخص برداشت در رقم ساجاما با تیمار تلفیق کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به‌همراه کود شیمیایی اوره مشاهده شد. اما نکته مهم این بود که این مقدار با ٦ تیمار کودی مختلف در رقم تیتیکاکا اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ٤). به عبارت دیگر با وجود اینکه حداکثر عملکرد دانه در رقم ساجاما حدود ۱۲/۵ درصد از حداکثر عملکرد دانه در رقم تیتیکاکا بیشتر بود (شکل a-۳)، اما اختلاف معنی‌داری در نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک (کل) دو رقم مورد بررسی وجود نداشته است. این

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر برهمکنش رقم، کود زیستی و کود شیمیایی شاخص برداشت دو رقم کینوا. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

یافته نشان می‌دهد که رقم تیتیکاکا قسمت بیشتری از کودهای (عناصر غذایی) دریافتی را صرف مرحله زایشی و پرکردن دانه کرده است.

Bois و همکاران (۲۰۰٦) درنتیجه پژوهشی گزارش کردند که طول مرحله زایشی (زمان پرشدن دانه) در رقم ساجاما بیشتر از رقم تیتیکاکا است اما سرعت پرشدن دانه در رقم تیتیکاکا بیشتر است. Maliro و همکاران (۲۰۱۷) نیز با مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف کینوا در شرایط مزرعه گزارش کردند که با وجود این‌که طول دوره رشد، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در رقم تیتیکاکا کمتر از سایر ارقام بود، اما تعداد خوشه و همچنین تعداد دانه در واحد سطح در این رقم (رقم تیتیکاکا) به‌طورمعنی‌داری بیشتر بوده و این عوامل باعث شده که رقم تیتیکاکا بیشترین شاخص برداشت را در مقایسه با سایر ارقام کینوا به خود اختصاص دهد. در پژوهش حاضر نیز با وجود اینکه طول دوره رشد در رقم ساجاما ۳۲ روز بیشتر از رقم تیتیکاکا بود اما تفاوت معنی‌داری در میزان شاخص برداشت برای دو رقم مورد مطالعه مشاهده نشد (جدول ۲).

از طرفی نتایج مقایسه میانگین اثر برهمکنش رقم و تیمارهای مختلف کود زیستی وشیمیایی نشان داد که در تمام سطوح کود زیستی تیمارهای کاربرد همزمان کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات تریپل از بیشترین شاخص برداشت نسبت به سایر تیمارها در همان سطوح کود زیستی برخوردار بودند (شکل ٤). گزارش شده است که مصرف کودهای شیمیایی افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در گیاه کینوا را به‌همراه داشته است (Geren, 2015). علت افزایش شاخص برداشت در اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی به جذب بهتر عناصر غذایی نسبت داده شده است. زیرا گیاه با جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش شاخص سطح برگ می‌تواند از تابش خورشیدی بهتر استفاده نماید و مواد فتوسنتزی بیشتری را به دانه ارسال نماید و درنتیجه نسبت دانه به ماده خشک را افزایش دهد (کنعانی الوار و همکاران، ۱۳۹۲). به‌طور کلی گزارش شده است که با توجه به اثر افزاینده کودهای زیستی بر رشد رویشی و زایشی در گیاهان، مصرف کودهای زیستی به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر به دانه سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۳).

نتیجه‌گیری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار کودهای زیستی به‌ویژه در شرایط کاربرد تلفیقی آنها، بر عملکرد و صفات بیوشیمیایی ارزیابی‌شده در گیاه کینوا بود. اما از آنجایی که تیمار تلفیق کودهای شیمیایی و کودهای زیستی بیشترین تأثیر را بر افزایش صفات مورد ارزیابی در هر دو رقم کینوا داشت، می‌توان اظهار کرد 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، مطابق نتایج آزمون خاک به‌کار روند، می‌توانند در بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی و افزایش عملکرد کینوا مؤثر واقع شوند. از طرفی با وجود اینکه بیشترین عملکرد دانه در رقم ساجاما حدود ۱۲/۵ درصد از حداکثر عملکرد دانه در رقم تیتیکاکا بیشتر بود، اما شاخص برداشت که نشان‌دهنده تخصیص مواد به مقصدهای فیزیولوژیکی (دانه) است، تفاوت معنی‌داری در این دو رقم نداشت. همچنین طول دوره رشد در رقم ساجاما ۳۲ روز بیشتر از از رقم تیتیکاکا بود که این موضوع علاوه بر افزایش نیاز آبی در رقم ساجاما، موجب به تأخیر افتادن کشت بعدی مزرعه شد. علاوه بر این میزان تمامی صفات بیوشیمیایی مورد ارزیابی (شامل: کلروفیل کل، کاروتنوئید، کربوهیدرات کل و پروتئین محلول) نیز در رقم تیتیکاکا بیشتر از رقم ساجاما بود. بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش، کشت رقم تیتیکاکا به‌عنوان رقمی امیدبخش که هم از نظر زراعی عملکرد قابل قبولی داشته و هم محصول تولیدی از کیفیت بالایی برخوردار است، به‌همراه کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و مصرف کودهای شیمیایی مورد نیاز مطابق نتایج آزمون خاک، در خاک‌ها و شرایط آب و هوایی مشابه قابل توصیه است.

منابع

بهامین، ص.، کوچکی، ع. ر.، نصیری محلاتی، م. و بهشتی، ع. ر. (۱۳۹۸) تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی ذرت تحت شرایط تنش خشکی. نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱۲:۱۳۹-۱۲۳.

پارسا، ب.، عباسدخت، ح.، غلامی، ا. و فرجی، ا. (۱۳۹۷) بررسی برهمکنش تلقیح کودهای بیولوژیک و نیتروژن بر رشد و عملکرد سویا تحت شرایط کنترل و عدم‌کنترل علف هرز. نشریه تولید گیاهان زراعی ۱۱: ۱۱٤-۹۵.

حاجی بلند، ر.، علی اصغرزاده، ن. و مهرفر، ز. (۱۳۸۳) بررسی اکولوژیکی ازتوباکتر در دو منطقه مرتعی آذربایجان و اثر تلقیح آن روی رشد و تغذیه معدنی گیاه گندم. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی) ۲: ۸۹-۷۵.

راستی، ا.، صفاری، م. و مقصودی مود، ع. ا. (۱۳۹۳) تأثیر کودهای ارگانیک و شیمیایی بر شاخص‌های عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش خشکی. فصل‌نامه علمی پژوهشی آبیاری و آب ۱۸: ۸۱-۶۹.

رضایی‌نیا، ن.، رمرودی، م.، گلوی، م. و فروزنده، م. (۱۳۹۵) تأثیر کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب فسفر و پتاسیم در گیاه دارویی کاسنی (*Cichorium intybus*) در واکنش به تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۵: ۹۳۸-۹۲۵.

رضایی‌فر، ز.، فلاحی، س. و قلی‌نژاد، ا. (۱۳۹۷) تأثیر تنش خشکی واشعه ماورابنفش (UV-C) بر سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی در سه رقم گندم (*Triticum aestivum* L.). فرایند و کارکرد گیاهی ۲٤: ۱۷۱-۱۵۵.

زمانی، ا.، قادرزاده، ح. و مرتضوی، ا. ق. (۱۳۹۳) تعیین الگوی کشت با تأکید بر مصرف بهینه انرژی و کشاورزی پایدار "مطالعه موردی شهرستان سقز استان کردستان". نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲٤: ٤٤-۳۱.

کنعانی الوار، ع.، زراعی، ی.، زهتاب سلماسی، س. و نصراله‌زاده، ص. (۱۳۹۲) بررسی اثر کودهای زیستی و نیتروژنی بر عملکرد و برخی از صفات مورفولوژیکی دو رقم جو بهاره در شرایط دیم. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۳: ۲۹-۱۱.

مقصودی، ع.، قلاوند، ا. و آقاعلیخانی، م. (۱۳۹۳) تأثیر سطوح مختلف کودی (آلی، شیمیایی و زیستی) بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل- کراس ۷۰٤. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی) ۱۰٤: ۱۳۵-۱۲۸.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

نصراله‌زاده، ص.، شیرخانی، ع.، زهتاب سلماسی، س. و چوکان، ر. (۱۳۹۵) اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های برگ ذرت در شرایط آبیاری متفاوت. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی ۲۹: ۹۱-۷۲.

یوسف‌پور، ز.، یدوی، ع.، بلوچی، ح. ر. و فرجی، ه. (۱۳۹۳) بررسی عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و فنولوژیک آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و فسفر. فصلنامه بوم‌شناسی کشاورزی ٦: ۵۱۹-۵۰۸.

Abugoch, L. E. (2009) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. Food and Nutrition Research 58: 1-31.

Akbari, P., Ghalavand, A., Modarres Sanavy, A. M. and Agha Alikhani, M. (2011) The effect of biofertilizers, nitrogen fertilizer and farmyard manure on grain yield and seed quality of sunflower (*Helianthus annus* L.). Journal of Agriculture Science and Technology 7: 173-184.

Amany, S., Al-Toukhy, A. and Bafeel, S. (2016) Effect of chemical, organic and bio fertilizers on photosynthetic pigments, carbohydrates and minerals of wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated with sea water. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences 3: 296-310.

Arnon, D. L. (1994) Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.

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: 620-632.

Basra, S. M. A., Iqbal, S. and Afzal, I. (2014) Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. Journal of Agriculture and Biology 16: 886-892.

Bilalis, D., Kakabouki, I., Karkanis A., Travlos, I., Triantafyllidis, V. and Hela, D. (2012) Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 40: 42-46.

Bois, J. F., Winkel, A. T., Lhomme, J. P., Raffaillac, P. and Rocheteau, A. (2006) Response of some andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing. European Journal of Agronomy 25: 299-308.

Bradford, M. M. (1996) A rapid and sensitive method for quantitation of microgram of protein utilizing the principle of protein dye binding. Journal of Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Fawy, H. A., Moharam, F., Hagab, A. and Hagab, R. (2017) Effect of nitrogen fertilization and organic acids on grains productivity and biochemical contents of quinoa plant grown under soil conditions of Ras Sadersina. Egyptian Journal of Desert Research 67: 169-183.

Fayek, M. A., Yehia, T. A., El-Fakhrany, E. M. M. and Farag, A. M. (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

Geng, Y., Cao, G., Wang, L. and Wang, S. (2019) Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. Plos One 14: 1-16.

Garcia, M., Condori, B. and Castillo, C. D. (2015) Agroecological and agronomic cultural practices of Quinoa in South America. Quinoa: Improvement and Sustainable Production 25-46.

Gendy, A. S. H., Said-AlAh, H. A. H. and Mahmoud, A. A. (2012) Growth, productivity and chemical constituents of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plants as influenced by cattle manure and biofertilizers treatments. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6: 1-12.

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: 59-64.

Gomaa, E. F. (2013) Effect of nitrogen, phosphorus and bio fertilizers on quinoa plant. Journal of Applied Sciences Research 9: 5210-5222.

Gomez Pando, L. (2015) Quinoa breeding. Quinoa: improvement and sustainable production 87-108.

Han, H., Supanjani, K. and Lee, D. (2007) Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil Environment 52: 130-136.

Hocking, P. J. and Stapper, M. (2010) Effects of sowing time and nitrogen fertilizer on canola and wheat, and nitrogen fertilizer on Indian mustard. Australian Journal of Agriculture Research 52: 635-644.

Hopkins, W. G. (2004) Introduction to Plant Physiology. John Wiley and Sons, New York.

Iqbal, S., Basra, S. M. A., Afzal, I., Wahid, A., Saddiq, M. S., Hafeez, M. B. and Jacobsen, S. E. (2018) Yield potential and salt tolerance of quinoa on salt-degraded soils of Pakistan. Journal of Agronomy and Crop Science 205: 1-9.

Kansomjet, P., Thobunluepop, P., Lertmongko, S., Sarobol, E., Kaewsuwan, P., Junhaeng, P., Pipattanawong, A. and Ivan, M. T. (2017) Response of physiological characteristics, seed yield and seed quality of quinoa under difference

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

of nitrogen fertilizer management. American Journal of Plant Physiology 12: 20-27.
Khorshidi, Y. R., Ardakani, M. R., Ramezanpour, M. R., Khavazi, K. and Zargari, K. (2011) Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) to *Pseudomonas flouresence* and *Azospirillum lipoferum* under different nitrogen levels. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 10: 387-395.
Kizilkaya, R. (2008) Yield response and nitrogen of spring wheat inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156.
Kocabas, I., Kaplan, M., Kurkcuoglu, M. and Baser, K. H. C. (2010) Effects of different organic manure applications on the essential oil components of Turkish sage (*Salvia fruticosa*). Asian Journal of chemistry 22: 1599-1605.
Maliro, M. F. A., Guwela, V. F., Nyaika, J. and Murphy, K. M. (2017) Preliminary studies of the performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes under irrigated and rainfed conditions of Central Malawi. Frontiers in Plant Science 8: 1-9.
Prager, A., Munz, S., Nkebiwe, P., Mast, B. and Graeff-Honninger, S. (2018) Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field conditions in Southwestern Germany. Agronomy8: 197-216.
Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Iafelice, G. and Marconi, E. (2012) Yield and quality characteristics of quinoa grown in open field under different saline and non-saline irrigation regimes. Journal of Agronomy and Crop Science 198: 254-263.
Rajendran, K. and Devaraj, P. (2004) Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farmland. Biomass and Bioenergy 26: 235-249.
RamRao, D. M., Kodandaramaiah, J. and Reddy, M. P. (2007) Effect of VAM fungi and bacterial biofertilizers on mulberry leaf quality and silkworn cocoon characters under semi-arid conditions. Caspian Journal of Environmental Sciences 5: 111-117.
Razaq, M., Zhang, P., Shen, H. and Salahuddin, A. (2017) Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of *Acer mono*. Plos One 12: 24-37.
Roesty, D., Gaur, R. and Johri, B. N. (2006) Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobactria affect the rhizobactrial community structure in rain-fed wheat fields. Journal of Soil Biology 38: 1111-1120.
Sabbagh, S. K., Poorabdollah, A., Sirousmehr, A. and Gholamalizadeh-Ahangar, A. (2017) Bio-fertilizers and systemic acquired resistance in Fusarium infected wheat. Journal of Agricultural Science and Technology 19: 453-464.
Sandhya, V., Ali, S. K. Z., Grover, M., Reddy, G. and Venkateswarlu, B. (2010) Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. Plant Growth Regulation 62: 21-30.
Sa-nguansak, T. (2004) Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen assimilation and seed quality of amaranth (*Amaranthus* spp.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ph.D. Thesis, University of Gottingen, Thailand.
Shoghi-Kalkhoran, S., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., Mokhtassi-Bidgoli1, A. and Akbari, P. (2013) Integrated fertilization systems enhance quality and yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Agricultural Science and Technology 15: 1343-1352
Singh, R. P., Kumar, S., Sainger, M., Sainger, P. A. and Barnawal, D. (2017) Eco-friendly nitrogen fertilizers for sustainable agriculture. Adaptive Soil Management : From Theory to Practices 227-246.
Tanwar, S. P. S., Sharma, G. L. and Chahar, M. S. (2002) Effects of phosphorus and biofertilizers on growth and productivity of black gram. Annals of Agricultural Sciences 23: 491-495.
Telahigue, D., Yahia, L. B., Aljane, F., Belhouchett, K. and Toumi, L. (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.
Wu, S. C., Caob, Z. H., Lib, Z. G., Cheunga, K. C. and Wong, M. H. (2005) Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.
Yasari, E. and Patwardhan, A. M. (2007) Effect of Aztobacter and Azospirillum inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. Asian Journal of Plant Sciences 6: 77-82.
Zavattaro, L., Assandri, D. and Grignani, C. (2016) Achieving legislation requirements with different nitrogen fertilization strategies: results from a long term experiment. European Journal of Agronomy 77: 199-208.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]

Effect of biological and chemical fertilizers on some biochemical and yield traits of two quinoa cultivars

Mahdi Amiryousefi[1], Mahmood Reza Tadayon[1*] and Rahim Ebrahimi[2]

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
[2] Department of Mechanical Engineering of Bio-systems, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
(Received: 24/08/2019, Accepted: 07/12/2019)

Abstract

To study the effect of organic and chemical fertilizers on the yield and some of the biochemical characteristics of quinoa, a three-factor factorial experiment was carried out in the form of a completely randomized design with three replications in the region of Borkhar, Isfahan, Iran, in the 2018-2019 crop year. In this experiment, Sajama and Titicaca cultivars as the first factor, four levels of bio fertilizer including: without inoculation, nitroxin inoculation, biophosphorus inoculation, and inoculation with nitroxin and biophosphorus as the second factor, and four levels of chemical fertilizer including control, urea, triple superphosphate (TSP), and urea and superphosphate combination as the third factor were evaluated. Results showed that the interaction of the cultivar, bio fertilizer, and chemical fertilizer were significant in carotenoids, total carbohydrate, soluble protein, grain yield, biological yield and harvest index of quinoa. Thus, the integrated application of bio fertilizers along with all used chemical fertilizer treatments increased the measured traits in both cultivars significantly compared to the control treatment. Although the highest grain yield was observed in Sajama cultivar, Harvest index, which indicated material allocation to physiological destinations (grain), was not significantly different between the two cultivars. In addition, the growth period in Sajama cultivar was 32 days longer than Titicaca that resulted in water requirement increase, and subsequent crop cultivation delay, in Sajama cultivar. On the other hand, all the measured biochemical traits (total chlorophyll, carotenoids, total carbohydrates and soluble protein) in Titicaca cultivar were higher than those of Sajama cultivar. Therefore, according to the results of this research, cultivation of Titicaca cultivar along with the application of bio fertilizers as supplements can be considered as an applied strategy to achieve higher quality crops and optimum use of chemical fertilizers to realize the goals of sustainable agriculture in quinoa cultivation.

Key words: Biological yield, Nitrogen, Phosphorus, Quinoa, Soluble protein, Total carbohydrate.

Corresponding author, Email: mrtadayon@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.36.24.7]