University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

The Effects of Deficit Irrigation, Planting Date and Biofertilizers on Phenological Traits, Yield and Quality of Quinoa

Mohammad Jabbari-Oranj[1]✉ | Hossein Moghadam[2] | Mohammad Reza Jahansouz[3] | Ali Ahmadi[4] | Babak Motesharezadeh[5]

1. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: mjabbari.oranj@ut.ac.ir
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: hmoghadam@ut.ac.ir
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: jahansuz@ut.ac.ir
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: ahmadia@ut.ac.ir
5. Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: moteshare@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: April 06, 2022
Received in revised form: September 01, 2022
Accepted: September 14, 2022
Published online: April 16, 2023

Keywords:
Azospirillum,
azotobacter,
harvest index,
seed saponin,
1000-seed weight.

ABSTRACT

In order to investigate the effects of irrigation, planting date, and biofertilizers on phenological traits, yield, and some qualitative traits of quinoa as a new plant, an experiment has been conducted on a farm located in Bilehsvar region of Ardabil Province in two cropping years from 2019 to 2021 in split - split plot design based on a randomized complete block design with three replications. Experimental factors include irrigation at three levels, including (complete irrigation, irrigation termination in budding stage, and irrigation termination in seed filling stage) as the main factor, planting date at three levels (namely 27 July, 11 August, and 27 August) as the sub-factor, and four levels of nitrogen biofertilizer (the control, seed inoculant with Azotobacter, inoculant with Azospirillum, and inoculation with a mixture of Azotobacter and Azospirillum) as the sub-sub-factor. The results show that the use of complete irrigation with a planting date of 27 July and inoculation of Azotobacter and Azospirillum biofertilizers has increased the length of phenological stages and 1000-seed weight. In terms of harvest index, complete irrigation treatment with planting date of 27 July, and combined inoculation of biofertilizers have had the highest value, in terms of protein percentage and saponin content of seed, irrigation interruption at the budding stage with planting date of 27 July, while co-inoculation with biofertilizers has given the best results, and the highest biological yield (620 g/m^2) and grain yield (304.97 g/m^2) have been obtained from complete irrigation treatment with planting date of 11 August and co-inoculation of biofertilizers.

Cite this article: Jabbari-Oranj, M., Moghadam, H., Jahansouz, M. R., Ahmadi, A., & Motesharezadeh, B. (2023). The Effects of Deficit Irrigation, Planting Date and Biofertilizers on Phenological Traits, Yield and Quality of Quinoa. *Journal of Crops Improvement*, 25 (1), 235-252. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2022.341247.2695

© The Authors.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2022.341247.2695

Publisher: University of Tehran Press.

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

بررسی اثر کم‌آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفات فنولوژیک، عملکرد و کیفیت کینوا

محمد جباری اورنج[۱]✉ | حسین مقدم[۲] | محمدرضا جهانسوز[۳] | علی احمدی[۴] | بابک متشرع‌زاده[۵]

۱. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mjabbari.oranj@ut.ac.ir

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: hmoghadam@ut.ac.ir

۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: jahansuz@ut.ac.ir

۴. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: ahmadia@ut.ac.ir

۵. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: moteshare@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷

کلیدواژه‌ها:
آزوسپیریلوم،
ازتوباکتر،
ساپونین دانه،
شاخص برداشت،
وزن هزاردانه.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفات فنولوژیک، عملکرد و برخی صفات کیفی گیاه کینوا به‌عنوان گیاهی جدید، آزمایشی در مزرعه‌ای واقع در شهرستان بیله‌سواراستان اردبیل در دو سال زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۸) به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل، قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی و قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه) به‌عنوان فاکتور اصلی، تاریخ کاشت در سه سطح (پنجم مردادماه، ۲۰ مردادماه و پنجم شهریورماه)[۱] به‌عنوان فاکتور فرعی و چهار سطح کود زیستی نیتروژنه (بدون تلقیح بذر، تلقیح بذر با ازتوباکتر، تلقیح با آزوسپیریلوم و تلقیح با مخلوط ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) به‌عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که کاربرد آبیاری کامل با تاریخ کاشت ۵ مردادماه و تلقیح هم‌زمان کودهای زیستی باعث افزایش طول مراحل فنولوژیک و وزن هزاردانه شد. از نظر شاخص برداشت، تیمار آبیاری کامل با تاریخ کاشت پنجم شهریورماه و تلقیح هم‌زمان کودهای زیستی، از لحاظ درصد پروتئین و میزان ساپونین دانه قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت پنجم مردادماه و تلقیح هم‌زمان کودهای زیستی بهترین نتیجه را داشته و بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک (۶۲۰ گرم بر متر مربع) و عملکرد دانه (۳۰۴/۹۷ گرم بر مترمربع) از تیمار آبیاری کامل با تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و تلقیح هم‌زمان کودهای زیستی به‌دست آمد.

استناد: جباری اورنج، م.، مقدم، ح.، جهانسوز، م. ر.، احمدی، ع. و متشرع‌زاده، ب (۱۴۰۲). بررسی اثر کم‌آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفات فنولوژیک، عملکرد و کیفیت کینوا. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۱)، ۲۳۵-۲۵۲. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2022.341247.2695

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. با توجه به آماده‌نبودن کامل زمین در تاریخ ۴ شهریورماه که ۱۵ روز بعد از کشت دوم بوده لذا به ناچار یک روز کشت به عقب افتاد.

۱. مقدمه

مهم‌ترین مشکلی که امنیت غذایی کشور و جهان را تهدید می کند کمبود منابع آب مناسب است. در حال حاضر کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده منابع آب کشور می‌باشد، به همین دلیل آسیب‌پذیرترین بخش ناشی از بحران کم‌آبی خواهد بود از راه‌کارهای مقابله با این بحران استفاده از گیاهانی با نیاز آبی پایین و کارایی مصرف آب بالا می‌باشد از آن جمله گیاهان می‌توان کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) را به‌عنوان گیاهی جدید نام برد که از گیاهانی است که در ایران کم‌تر موردبررسی و بهره برداری قرار گرفته است (Bagheri *et al*., 2021). این گیاه به جهت تطابق‌پذیری به اقلیم‌های مختلف، ارزش غذایی بالا و کارایی بالای استفاده از منابع آب، مقاومت بالایی به تنش خشکی دارد (Bagheri *et al*., 2021). کشور ایران دارای تنوع اقلیمی متنوعی است، کشت کینوا موجب ایجاد تنوع در محصولات زراعی، تولید پایدار، ایجاد افزایش درآمد کشاورزان و امنیت غذایی خواهد شد. از یک طرف تأمین غذای کافی و دارای کیفیت مناسب برای جمعیت روزافزون جهان و از طرف دیگر مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، هزینه‌های تولید و مصرف آن‌ها، تجدیدنظر در روش‌های افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است (Bagheri *et al*., 2021). ازآنجایی‌که تاریخ کاشت نسبت به سایر تیمارهای زراعی بیش‌ترین تأثیر را بر خصوصیات فنولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه زراعی می‌گذارد، انتخاب تاریخ کاشت مناسب می‌تواند بیش‌ترین تطابق را میان روند رشد گیاه و شرایط اقلیمی ایجاد کند (Gharineh *et al*., 2019). تأمین غذای کافی و دارای کیفیت مناسب برای جمعیت روزافزون جهان از یک سو و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، هزینه‌های تولید و مصرف آن ها از دیگر سو، تجدیدنظر در روش‌های افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است. در سال‌های اخیر برای نیل به حفظ زندگی طبیعی، تنوع زیستی، پایداری منابع خاک و آب و حفظ محیط زیست، به کشاورزی پایدار و ارگانیک اهمیت بیش‌تری داده شده است. کودهای زیستی که جزء ضروری کشاورزی ارگانیک محسوب می‌شوند، حاوی موجودات زنده با گونه‌های کار آمد تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات هستند که برای بذر و خاک با هدف افزایش تعداد این میکروارگانیسم‌ها و سرعت‌بخشیدن به فرایندهای میکروبی که دسترسی به مواد غذایی را برای آسیمیلاسیون مناسب در گیاهان مهیا می کنند، مورداستفاده قرار می‌گیرند، آزوسپیریلوم و ازتوباکتر از میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی هستند که علاوه بر جذب آب و مواد غذایی، در همیاری با ریشه گیاهان، رشد آن ها را تقویت نموده و مقاومت گیاه را در برابر عوامل زنده و غیرزنده محیطی افزایش می دهند و می‌توانند نقش کلیدی در حاصلخیزی خاک و حفاظت محیط ایفا نمایند (Itelima *et al*., 2018). تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه و زیست‌توده گیاه کینوا می‌شود (Telahigue *et al*., 2017). در پژوهشی شاخص برداشت رقم Titicaca بسته به سال و تاریخ کاشت بین ۴۲ تا ۵۷ درصد گزارش شد (Lavini *et al*., 2014). آزمایش‌های انجام‌گرفته در پرو نشان می‌دهد که با کاربرد آبیاری و حاصلخیزکننده‌ها، عملکردی برابر ۶ تن در هکتار به‌دست می آید (Alejandro *et al*., 2015). در پژوهش‌هایی کاهش وزن هزاردانه در اثر کم‌آبیاری را گزارش نموده و بیان کردند که تیمار آبیاری کامل بیش‌ترین وزن هزاردانه را در کینوا تولید نمود (Sezen *et al*., 2016). ازآنجایی‌که مطالعات چندانی در خصوص آبیاری، تاریخ کاشت مناسب و تغذیه این گیاه صورت نگرفته است. بنابر این هدف از انجام این پژوهش مشخص‌شدن واکنش به کم‌آبیاری، تاریخ کاشت و تلقیح با کودهای مختلف زیستی در گیاه کینوا می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه‌ای واقع در منطقه مغان (شهرستان بیله‌سوار)، روستای بابک،

با موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۲۰ متر از سطح دریا با متوسط بارش سالیانه ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است، اجرا شد. ویژگی های خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری مطابق جدول (۱) ارائه شده است. هم‌چنین آمار هواشناسی منطقه در سال‌های اجرای آزمایش به شرح جدول (۲) بود.

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

EC (dS/m)	pH	کربنات کلسیم (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک	کربن (%)	نیتروژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
۱/۷۷	۷/۵	۱۷/۵	۴۶	۳۲	۲۲	رسی	۰/۷۶	۰/۰۸	۹/۶	۵۰۹

جدول ۲. آمار هواشناسی در طول مدت اجرای طرح در سال‌های ۹۸ و ۹۹

	متوسط دمای حداکثر (°C)		متوسط دمای حداقل (°C)		متوسط رطوبت نسبی (%)		میزان بارندگی (mm)		میزان تبخیر (mm)	
	۹۸	۹۹	۹۸	۹۹	۹۸	۹۹	۹۸	۹۹	۹۸	۹۹
مرداد	۳۳/۲	۳۲/۱	۲۱/۸	۲۱/۷	۴۷	۵۳	۰	۳/۶	۲۵۰/۶	۲۴۷/۱
شهریور	۲۷/۸	۲۹/۸	۱۷/۹	۱۷/۹	۶۴	۶۰	۴۳/۲	۳۴/۲	۱۲۹/۵	۲۲۰/۴
مهر	۲۵/۳	۲۴/۱	۱۵/۱	۱۳/۹	۶۸	۷۱	۱۰/۱	۲۸	۱۳۳/۴	۸۷/۴
آبان	۱۷/۹	۱۸/۳	۸/۱	۱۰/۵	۶۹	۷۸	۲۰/۳	۱۰/۵	۸۷/۰	۶۱/۴
آذر	۱۱/۳	۹/۱	۴/۴	۴/۱	۷۸	۸۵	۲۹/۲	۳۶/۵	۲۸/۳	۱۵/۳

* ماخذ: اداره کل هواشناسی استان اردبیل

در این آزمایش گیاه کینوا رقم تی‌تی کاکا که بذر آن از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شده بود به‌عنوان کشت تابستانه و به‌صورت طرح کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شد. فاکتور های آزمایش شامل آبیاری در سه سطح (آبیاری معمولی، قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی و قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه)[1] به‌عنوان فاکتور اصلی، تاریخ کاشت در سه سطح (۵ مردادماه، ۲۰ مردادماه و ۵ شهریورماه) به‌عنوان فاکتور فرعی و چهار سطح کود زیستی نیتروژنه (بدون تلقیح، تلفیح بذر با ازتوباکتر، تلقیح بذر با آزوسپیریلوم و تلقیح با مخلوط ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) به‌عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شد. به‌منظور تهیه بستر کاشت در بهار زمین موردنظر شخم عمیق زده شده و پیش از کشت عملیات نهایی تهیه بستر شامل شخم سطحی و تسطیح انجام گرفت. هم‌چنین قبل از اجرای طرح از خاک محل اجرای آزمایش نمونه‌برداری انجام شد. کود فسفره مورد نیاز به‌صورت فسفات آمونیوم و نیتروژنه به‌صورت اوره براساس آزمون خاک، در زمان آماده‌سازی نهایی بستر کشت در خاک مصرف شدند. عملیات کاشت کینوا در تاریخ‌های کاشت ذکرشده به‌صورت دستی انجام شد. در این آزمایش فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ها روی ردیف ۷ سانتی‌متر (تراکم ۲۸۵۷۰۰ بوته در هکتار) در نظر گرفته شد. جهت دستیابی به تراکم فوق، ابتدا بذر ها با تراکم بالا کشت‌شده و سپس با عملیات تنک تراکم موردنظر حاصل شد. برای تلقیح بذر کینوا، کودهای زیستی *ازتوباکتر کرکوکوم* MG386293 و *آزوسپیریلوم برازیلنس* MH130055، با تعداد 10^8 سلول زنده در یک میلی لیتر محلول از هرکدام از باکتری‌ها، از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. هم‌چنین از محلول صمغ پارسی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح بذر ها استفاده شد. کلیه عملیات در محیط سایه و دور از

۱. در تیمار آبیاری کامل تعداد شش مرتبه آبیاری به حجم ۳۱۲۰ مترمکعب در هکتار، در تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی به تعداد دو مرتبه آبیاری به حجم ۱۰۴۰ مترمکعب در هکتار، در تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه تعداد چهار مرتبه آبیاری به حجم ۲۰۸۰ مترمکعب در هکتار معادل ۲۰۸ میلی‌متر.

نور آفتاب انجام گرفت و بذرها پس از خشک‌شدن در عمق ۱ الی ۲ سانتی‌متری کشت شدند (Bagheri *et al*., 2021). اولین نوبت آبیاری بلافاصله بعد از پایان کشت در تاریخ کاشت‌های مشخص‌شده به روش نواری یا تیپ داده شد. مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره رشد به‌صورت دستی و برای مبارزه با آفت برگ‌خوار از آفت‌کش‌های شیمیایی کنفیدور به میزان ۰/۳ الی ۰/۵ لیتر در هکتار و لاروین به میزان یک کیلوگرم در هکتار بر علیه سوسک برگ‌خوار در مرحله ۲-۳ برگی استفاده شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل تعداد روز تا سبزشدن، تعداد روز تا غنچه‌دهی، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد پروتئین بذر، و میزان ساپونین موجود در دانه بود.

به‌منظور تعیین زمان مراحل فنولوژی (روز تا سبزشدن، روز تا غنچه‌دهی، روز تا گل‌دهی، روز تا رسیدگی)، موقعی که ۵۰ درصد بوته های هر کرت به مرحله فنولوژی موردنظر رسیدند تاریخ‌های مربوط به آن مرحله ثبت گردید. در پایان فصل رشد، محصول دو خط کاشت وسطی به طول ۴ متر با رعایت نیم متر اثر حاشیه از طرفین برداشت شده و پس از خشکاندن در آون تهویه دار با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت، عملکرد دانه تعیین گردید (Emam & Pirasteh Anousheh, 2014). برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش هضم تر و دستگاه کجلدال (Sharpe *et al*., 2001) استفاده شده درصد نیتروژن از رابطه (۱) تعیین شد. پس از محاسبه درصد نیتروژن و قراردادن آن در رابطه (۲) درصد پروتئین محاسبه شد (Emam & Pirasteh Anousheh, 2014).

رابطه ۱) $$\text{درصد نیتروژن نمونه} = \frac{\text{نرمالیته اسید مصرفی} \times \text{حجم اسید مصرفی میلی لیتر} \times 0.014 \times 100}{\text{وزن نمونه به گرم}}$$

رابطه ۲) $$\text{درصد پروتئین دانه} = \text{درصد نیتروژن} \times ۶/۲۵$$

هم‌چنین برای تعیین میزان ساپونین، از رابطه (۳) استفاده شد (Koziol, 1991).

رابطه ۳) $$\text{Saponin (mg)/fresh weight} = (0.0423) \times \text{foam height (cm)} + \text{o.oo8/sample weight (g)}$$

که در این رابطه، Saponin (mg)/fresh weight: میزان ساپونین به‌ازای هرگرم وزن دانه، Foam height (cm): ارتفاع کف در لوله آزمایش و Sample weight: وزن نمونه می‌باشد.

داده‌های آزمایشی قبل از تجزیه واریانس برای اطمینان از یکنواختی واریانس‌ها از طریق آزمون بارتلت موردبررسی قرار گرفته و سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه (۹/۱) تجزیه شد. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها نیز در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثر آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر صفات غنچه‌دهی، گل‌دهی، رسیدگی، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد پروتئین و میزان ساپونین دانه معنی‌دار بوده است (جدول ۳).

۳. ۱. روز تا سبزشدن

تیمارهای تاریخ کاشت و کودهای زیستی تأثیر معنی‌دار بر سبزشدن نشان دادند (جدول ۳). ازآنجایی‌که تیمار آبیاری بعد از غنچه‌دهی اعمال شد تأثیری بر سبزشدن نشان نداد. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل معنی‌داری بین آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی نشان داد (جدول ۳). به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد روز تا سبز شدن (۷/۵۱ روز) از تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه با تاریخ کاشت ۵ شهریورماه و عدم تلقیح با کود زیستی و کم‌ترین تعداد روز تا

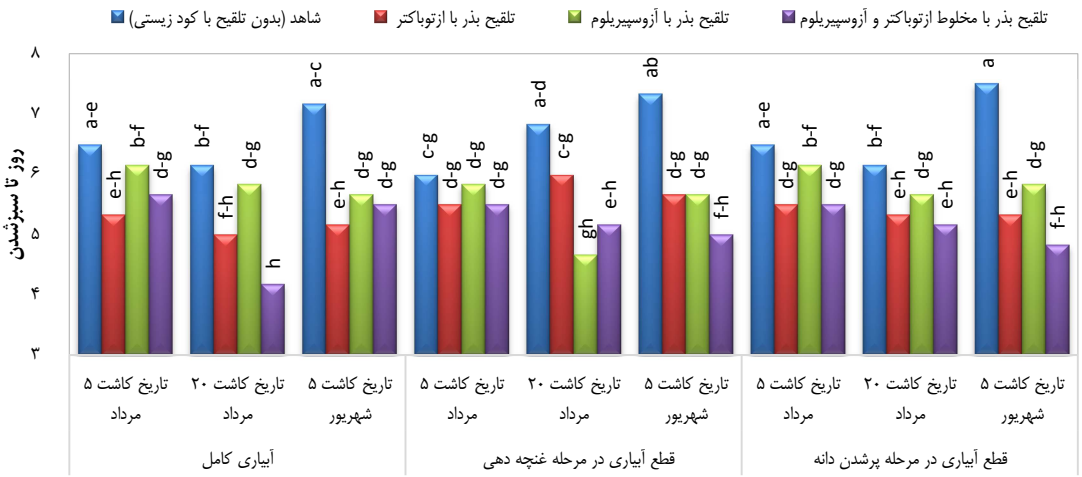
سبزشدن (۴/۱۶ روز) از تیمار آبیاری کامل، تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و تلقیح هم‌زمان ازتوباکتر با آزوسپیریلوم به‌دست آمد (شکل ۱).

جدول ۳. نتایج تجزیه مرکب صفات فنولوژیک، برخی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد و کیفیت گیاه کینوا رقم تی‌تی کاکا

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		متوسط زمان سبزشدن	متوسط زمان غنچه‌دهی	متوسط زمان گل‌دهی	متوسط زمان رسیدگی	وزن هزاردانه
سال	۱	۰/۰۷۴ns	۷۵/۸۵۱**	۹۳/۳۵۲**	۷۶۳/۱۲۲**	۰/۰۱۶ns
تکرار داخل سال (خطا۱)	۴	۱/۶۱۵	۰/۶۶۹	۰/۵۰۴	۴/۲۸۲	۰/۰۰۱
آبیاری	۲	۰/۰۹۷ns	۴۴/۵۸**	۴۱/۴۴۱**	۴۴۴/۶۷۳**	۰/۰۷۹*
سال× آبیاری	۲	۰/۰۸۷ns	۰/۳۱۰ns	۰/۰۸۷ns	۰/۳۶۵ns	۰/۰۰۴ns
تکرار داخل سال× آبیاری(خطا ۲)	۸	۰/۲۷۵	۰/۷۱۹	۰/۷۴۱	۲/۰۶۰	۰/۰۱۶
تاریخ کاشت	۲	۳/۰۴۲**	۲۷۴/۵۸۱**	۷۴/۶۷۰**	۵۲۲/۷۸۱**	۰/۱۰۱*
کود	۳	۲۲/۷۷**	۶/۰۳۱*	۷۸/۵۸۰**	۳۶/۵۷۴**	۰/۴۸۷**
تاریخ کاشت× کود	۶	۲/۴۶۱**	۶/۴۷۳**	۳/۲۹۴*	۳/۴۳۱**	۰/۱۲۰**
سال× تاریخ کاشت	۲	۰/۴۴۹*	۱/۱۴۱*	۰/۰۰۴ns	۳/۴۲۱*	۰/۰۰۷ns
سال× کود	۳	۰/۱۶۰ns	۰/۵۵۵ns	۰/۴۶۲ns	۰/۱۰۴ns	۰/۰۳۴*
سال× تاریخ کاشت× کود	۶	۰/۱۲۰ns	۰/۱۶۲ns	۰/۲۴۵ns	۰/۷۴۷*	۰/۰۰۳ns
آبیاری× تاریخ کاشت	۴	۰/۲۲۲ns	۲۳/۸۱۰**	۵/۸۴۱**	۱۴/۳۵۲**	۰/۲۳۶**
آبیاری× کود	۶	۱/۳۶۸*	۴/۶۹۲*	۲/۸۳۱*	۰/۵۶۰*	۰/۰۱۷ns
آبیاری× تاریخ کاشت× کود	۱۲	۰/۹۱۹*	۲/۳۴۱*	۲/۰۰۵*	۲/۰۲۸**	۰/۰۲۶*
سال× آبیاری× تاریخ کاشت	۴	۰/۲۹۶ns	۰/۶۸۵ns	۰/۶۳۶ns	۰/۱۹۹ns	۰/۰۰۳ns
سال× آبیاری× کود	۶	۰/۱۵۵ns	۰/۲۱۷ns	۰/۱۲۵ns	۰/۱۵۶ns	۰/۰۰۷ns
سال× آبیاری× تاریخ کاشت× کود	۱۲	۰/۲۱۶ns	۰/۲۴۱ns	۰/۱۹۲ns	۰/۱۴۶ns	۰/۰۱۴ns
اشتباه آزمایشی	۴۴	۰/۵۳۶	۱/۷۲	۱/۳۷	۰/۷۹۷	۰/۰۲۶
ضریب تغییرات (%)	–	۱۲/۷۴	۲/۶۵	۱/۷۵	۰/۷۸	۳/۹۵

ادامه جدول ۳. نتایج تجزیه مرکب صفات فنولوژیک، برخی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد و کیفیت گیاه کینوا رقم تی‌تی کاکا

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد پروتئین دانه	ساپونین دانه
سال	۱	۱۳۱۰/۷۸۸*	۷۹۵۷/۰۴۱**	۰/۰۰۱۱ns	۹/۶۳۹**	۰/۳۰۶*
تکرار داخل سال (خطا۱)	۴	۶۳/۶۶۱	۱/۰۴۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۰	۳/۷۲۲
آبیاری	۲	۱۷۴۵۹۴/۸۹**	۶۶۷۲۰۸/۹۲**	۱۹/۹۳۵*	۸۳/۷۳۱**	۲۸/۳۲۱**
سال× آبیاری	۲	۵۵/۳۰۷ns	۰/۳۴۰ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۲۵۹ns	۰/۲۳۳**
تکرار داخل سال× آبیاری(خطا ۲)	۸	۵۲/۱۰۹	۰/۳۴۰	۰/۰۰۰۲	۰/۱۵۴	۰/۷۰۶
تاریخ کاشت	۲	۱۵۵۴۵/۲۰۳**	۱۶۵۷۱۶/۸۵۵**	۳۹۱/۸۲۲**	۳/۸۸۶**	۶/۸۳۵**
کود	۳	۲۸۶۵۴/۲۱**	۶۵۴۰۹/۵۱۸**	۹۲/۴۰۹**	۴۱۹/۹۵۵**	۴/۰۷۸**
تاریخ کاشت× کود	۶	۱۰۱۲/۱۶۸*	۲۴۲۳/۰۹۳**	۳۱/۴۶۷*	۲/۹۴۰**	۱/۰۶۳**
سال× تاریخ کاشت	۲	۶۰/۸۹۰ns	۰/۷۵۳ns	۰/۰۰۰۴ns	۰/۲۶۵ns	۳/۰۶۷**
سال× کود	۳	۶۳/۱۲۴ns	۰/۱۶۸ns	۰/۰۰۰۸ns	۰/۲۸۴ns	۱/۵۹۱**
سال× تاریخ کاشت× کود	۶	۵۲/۳۶۶ns	۰/۵۲۹ns	۰/۰۰۰۵ns	۰/۰۷۴ns	۳/۰۵۳**
آبیاری× تاریخ کاشت	۴	۶۴۶۶/۸۸**	۱۰۵۹۹/۳۶۲**	۶۰/۷۰۲**	۳/۲۱۸**	۰/۴۱۷**
آبیاری× کود	۶	۱۴۹۳/۷۴**	۵۴۱۵/۱۱۳**	۲۰/۱۸۴*	۲/۵۰۲**	۰/۶۶۶**
آبیاری× تاریخ کاشت× کود	۱۲	۸۱۴/۵۰۲*	۱۰۶۹/۷۵۶*	۴۳/۳**	۰/۵۳۳*	۰/۷۸۷**
سال× آبیاری× تاریخ کاشت	۴	۵۳/۶۰۳ns	۰/۳۵۹ns	۰/۰۰۰۲ns	۰/۰۹۶ns	۱/۸۸۸**
سال× آبیاری× کود	۶	۵۳/۷۱۱ns	۰/۴۰۱ns	۰/۰۰۰۷ns	۰/۱۱۳ns	۰/۴۳۰**
سال× آبیاری× تاریخ کاشت× کود	۱۲	۵۹/۴۵۷ns	۰/۵۶۹ns	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۰۸ns	۰/۳۷۹**
اشتباه آزمایشی	۴۴	۳۵۵/۳۶	۷۶۱/۵۳	۱۱/۶۴۱	۰/۵۲۲	۰/۰۴۶
ضریب تغییرات (%)	–	۸/۴۷	۶/۲۲	۶/۷۷	۴/۳۶	۲/۸۷



شکل ۱. اثر متقابل آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر تعداد روز تا سبز شدن در کینوا
(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

می‌توان گفت تاریخ‌های مختلف کاشت برحسب نوع کود زیستی تأثیر متفاوتی در سبزشدن نشان داده است و تلقیح با کودهای زیستی به‌ویژه تلقیح هم‌زمان باعث شده است که سبزشدن زودتر اتفاق بیفتد. دیرتر اتفاق‌افتادن سبزشدگی در تاریخ کاشت پنجم شهریورماه به‌نظر می‌رسد به‌دلیل کاهش دما نسبت به ۲۰ مردادماه است و کودهای زیستی به سبب تولید هورمون های افزاینده رشد و کاهش عوامل سوء محیطی از جمله پاتوژن‌های بیماری‌زا باعث تسریع در سبزشدن شده است. یافته های زیادی تسریع در جوانه‌زنی بذر در اثر تلقیح با کودهای زیستی را گزارش نموده اند (Soleimani Fard *et al*., 2013; Hafeez *et al*., 2004).

تعداد روز تا سبزشدن با میزان ساپونین دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد روز تا گل‌دهی، عملکرد دانه، وزن هزاردانه و درصد پروتئین دانه، همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). با تأخیر در سبزشدن بذر میزان ساپونین دانه افزایش یافت و گل‌دهی دیرتر اتفاق افتاد که این تأخیر در مراحل رشد باعث کاهش وزن هزاردانه، درصد پروتئین دانه و عملکرد دانه شده است.

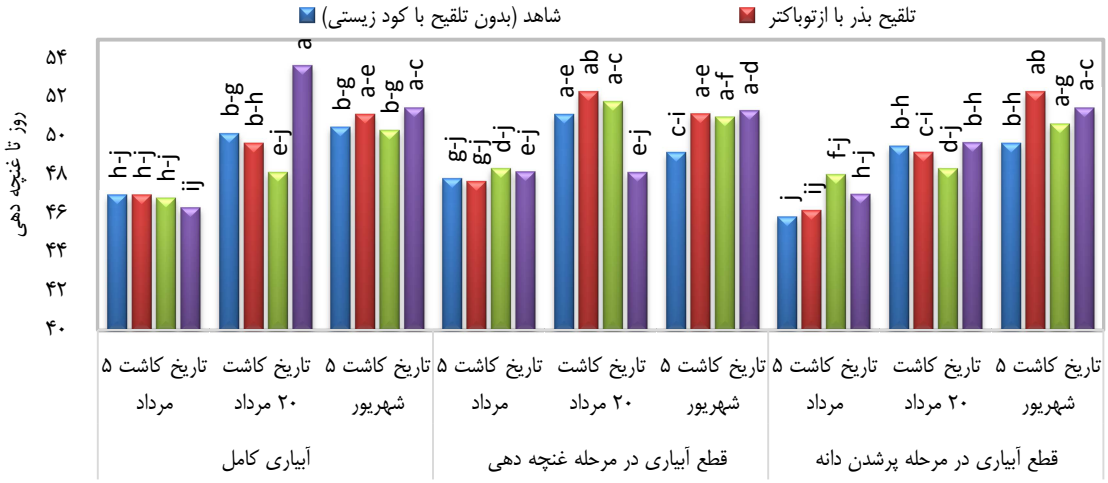
۳. ۲. روز تا غنچه‌دهی

اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر تعداد روز تا غنچه‌دهی کینوا داشت (جدول ۳). در مطالعه Portar *et al*. (1996) تاریخ کاشت اثر بارزی بر شروع مرحله غنچه‌دهی پنبه داشت. هم‌چنین در بررسی که توسط Robertson *et al*. (2005) صورت گرفت اثرات تاریخ کاشت بر روز تا غنچه‌دهی در کلزا و خردل هندی معنی‌دار بود. در آزمایشی اثر باکتری‌های افزاینده رشد بر هیبرید های دیررس ذرت طول مراحل فنولوژیک و عملکرد دانه را افزایش دادند (Hamidi *et al*., 2011). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل معنی‌داری بین آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی از نظر تعداد روز تا غنچه‌دهی نشان داد (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد روز تا غنچه‌دهی از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و تلقیح هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم (۵۳/۶۷ روز) و کم‌ترین تعداد روز تا غنچه‌دهی از تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه با تاریخ کاشت ۵ مردادماه و عدم تلقیح کود زیستی (۴۵/۸۳ روز) به‌دست آمد (شکل ۲). کاربرد کودهای بیولوژیک در تاریخ‌های کاشت متفاوت براساس سطوح آبیاری باعث شده است که رشد رویشی گیاه بهتر شده و دیرتر به

غنچه‌دهی رسید. آبیاری و کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم که جزو باکتری‌های محرک رشد گیاه هستند با تولید هورمون‌های تحریک‌کننده رشد گیاه و افزایش کارایی جذب ریشه، موجب بهبود وضعیت نمو گیاه و در نهایت طولانی‌تر شدن مراحل فنولوژیک گیاه می‌شوند (Yasari & Patwardhan, 2007). تعداد روز تا غنچه‌دهی با تعداد روز تا رسیدگی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴).

۳. ۳. روز تا گل‌دهی

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کود زیستی بر تعداد روز تا گل‌دهی کینوا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).



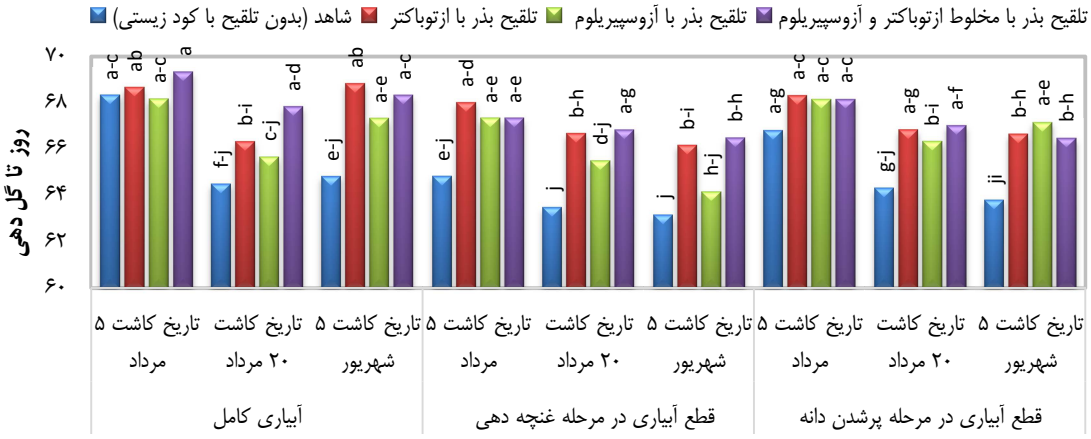
شکل ۲. اثر متقابل آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر تعداد روز تا غنچه‌دهی در کینوا.
(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

جدول ٤. ضرایب همبستگی ساده بین صفات موردمطالعه گیاه کینوا

	روز تا سبزشدن	روز تا غنچه‌دهی	روز تا گل‌دهی	روز تا رسیدگی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	وزن هزاردانه	درصد پروتئین دانه	ساپونین دانه
روز تا سبزشدن	۱/۰۰									
روز تا غنچه‌دهی	-۰/۱۷ns	۱/۰۰								
روز تا گل‌دهی	-۰/۲۱*	۰/۱۹ns	۱/۰۰							
روز تا رسیدگی	-۰/۱۵ns	-۰/۴۶**	۰/۶۸**	۱/۰۰						
عملکرد دانه	-۰/۳۲**	-۰/۳۸**	۰/۳۱**	۰/۶۹**	۱/۰۰					
عملکرد بیولوژیک	-۰/۰۶ns	-۰/۳۷**	-۰/۷۸**	-۰/۳۱**	۰/۱۸ns	۱/۰۰				
شاخص برداشت	-۰/۱۶ns	۰/۱۶ns	۰/۱۱ns	-۰/۰۲ns	۰/۲۷*	-۰/۰۱ns	۱/۰۰			
وزن هزاردانه	-۰/۳۴**	۰/۰۶ns	۰/۱۴ns	۰/۰۶ns	۰/۱۴ns	-۰/۰۶ns	۰/۴**	۱/۰۰		
درصد پروتئین دانه	-۰/۶۴**	۰/۱۷ns	۰/۱۹ns	۰/۰۹ns	۰/۱۰ns	-۰/۰۷ns	۰/۲۴*	۰/۶۷**	۱/۰۰	
ساپونین دانه	۰/۲۱*	-۰/۱۲ns	-۰/۲۲*	-۰/۲۲*	-۰/۵۴**	-۰/۰۳ns	-۰/۲۸*	-۰/۰۸ns	-۰/۰۲ns	۱/۰۰

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

در مطالعات زیادی از جمله Samadzadeh *et al.* (2020) تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر گل‌دهی کینوا نشان داده است. در مطالعات Amiryousefi *et al.* (2020)، Jamali *et al.* (2020) و Hang & Evans (1985) تنش خشکی و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی موجب تفاوت معنی‌دار در صفات فنولوژیک شد. کودهای زیستی از طریق افزایش فعالیت‌های زیستی و بالابردن ظرفیت تبادل کاتیونی، موجب بهبود ساختمان خاک می‌شوند که این عامل ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک را افزایش می دهد و شرایط مناسب‌تری برای رشد گیاه فراهم می کند (Amiryousefi *et al.*, 2020). همچنین اثر برهم‌کنش سه گانه تیمارهای آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی برای این صفت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). همان‌طورکه مشاهده می‌شود بیش‌ترین تعداد روز تا گل‌دهی (۶۹/۳۳ روز) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت پنجم مردادماه و تلقیح همزمان کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کم‌ترین تعداد روز تا گل‌دهی (۶۳/۱۳ روز) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت پنجم شهریورماه و عدم تلقیح با کود زیستی به‌دست آمد (شکل ۳). در تمامی سطوح آبیاری تأثیر تاریخ کاشت و نوع کود زیستی بر این صفت متفاوت بوده و تلقیح کودهای زیستی با ایجاد شرایط مناسب برای رشد رویشی گیاه کینوا گل‌دهی را به تأخیر انداخت. تعداد روز تا گل‌دهی با تعداد روز تا رسیدگی و عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌دار و با تعداد روز تا سبزشدن، عملکرد بیولوژیک و میزان ساپونین دانه رابطه منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴).

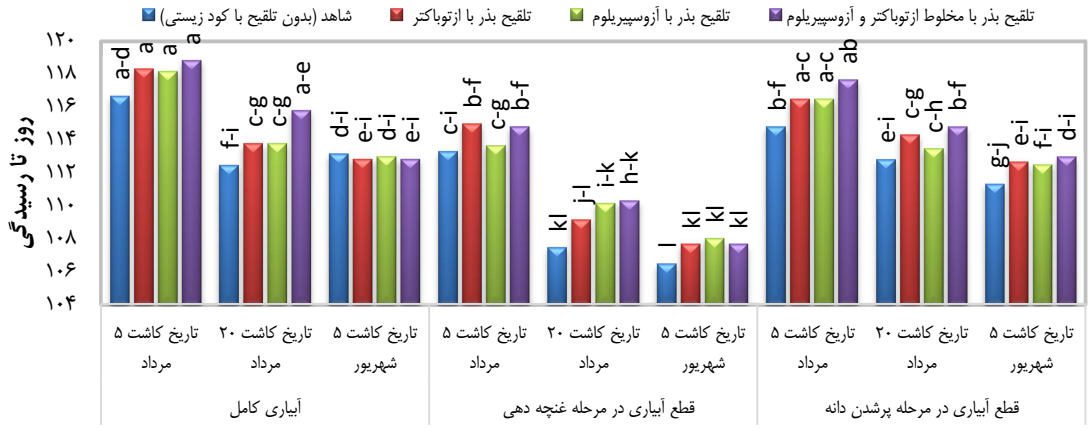


شکل ۳. اثر متقابل آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر تعداد روز تا گل‌دهی در کینوا.
(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

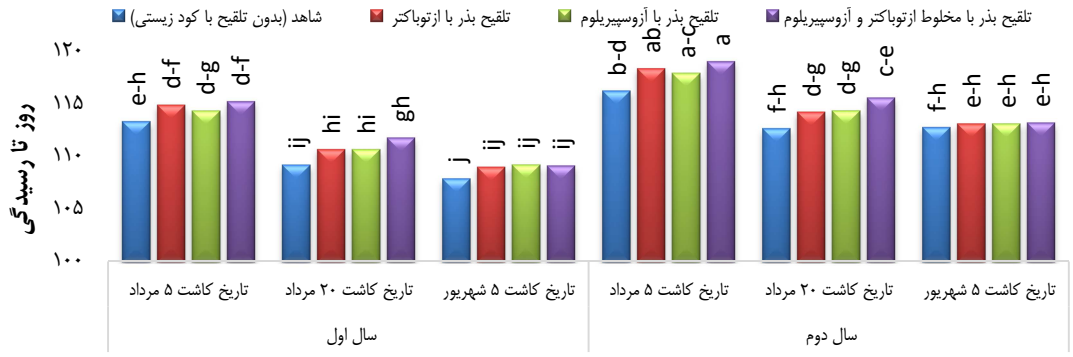
۳. ۴. روز تا رسیدگی

تعداد روز تا رسیدگی در کینوا تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و هر یک از اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد، همچنین اثر سه‌گانه آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد روز تا رسیدگی کینوا معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد روز تا رسیدگی (۱۱۸/۸۳ روز) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۵ مردادماه و تلقیح همزمان کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کم‌ترین تعداد روز تا رسیدگی (۱۰۶/۵۰ روز) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت ۵ شهریورماه و عدم تلقیح کود زیستی به‌دست آمد (شکل ۴). بنابراین دوره رشد کینوا متأثر از آبیاری و تلقیح کودهای زیستی به‌ویژه تلقیح همزمان با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در تاریخ کاشت ۵ مردادماه طولانی‌تر شد که این امر می‌تواند در

افزایش عملکرد دانه کینوا مؤثر باشد. تنش کمبود آب از طریق کوتاه‌کردن دوره رشد و تسریع در رسیدگی، فنولوژی گیاه را تحت تأثیر قرار داده و پیری آن را تسریع می بخشد. در مطالعه Hamidi *et al.* (2011) هم‌چنین اثر برهم‌کنش سه‌گانه سال، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد روز تا رسیدگی (۱۱۹ روز) در سال دوم آزمایش با تاریخ کاشت ۵ مردادماه و تلقیح هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کم‌ترین تعداد روز تا رسیدگی (۱۰۷/۸۹ روز) از سال اول آزمایش با تاریخ کاشت ۵ شهریورماه و عدم تلقیح با کود زیستی به‌دست آمد (شکل ۵). به گزارش Singh (1991) تلقیح هم‌زمان دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بیش‌ترین تعداد روز تا رسیدگی را دارا بود. افزایش تثبیت نیتروژن توسط ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باعث افزایش رشد رویشی و افزایش دوره رشد گیاه شده است. طولانی‌ترشدن مراحل روز تا رسیدگی در اثر مصرف هم‌زمان کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم نشان‌دهنده فرصت و شرایط مناسب برای رشد گیاه می‌باشد. باکتری‌های محرک رشد گیاه با سازوکارهای تولید ترکیبات محرک رشد و بهبود کیفیت تغذیه گیاه موجب خشک‌شدن دیرتر گیاه می‌شود (Hamidi *et al.*, 2011). تعداد روز تا رسیدگی در کینوا با تعداد روز تا گل‌دهی و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد روز تا غنچه‌دهی، عملکرد بیولوژیک و میزان ساپونین دانه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴).



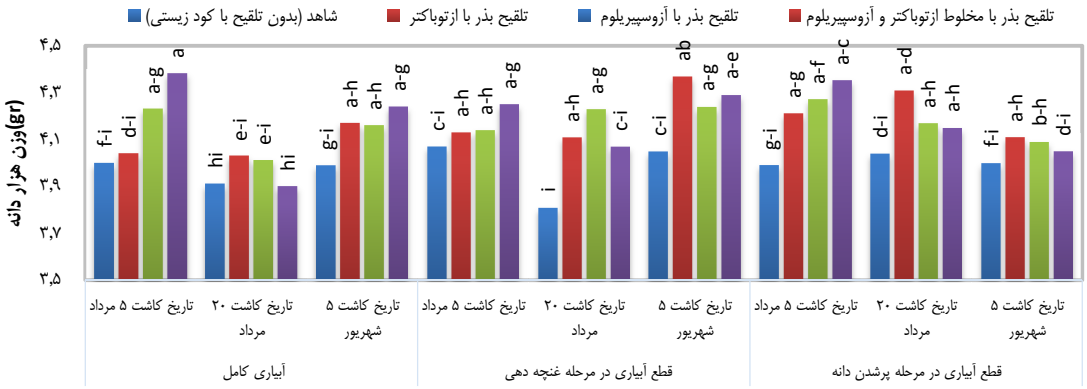
شکل ٤. اثر متقابل آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر تعداد روز تا رسیدگی در کینوا.
(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)



شکل ٥. اثر متقابل سال، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر تعداد روز تا رسیدگی در کینوا.
(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

۳. ۵. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها تفاوت معنی‌داری بین اثرات ساده آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی از نظر وزن هزاردانه در کینوا نشان داد (جدول ۳). هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل معنی‌داری بین اثرات سه‌گانه آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد (جدول ۳). به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن هزاردانه (۴/۷ گرم) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت پنجم مردادماه و تلقیح هم‌زمان کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کم‌ترین وزن هزاردانه (۳/۸ گرم) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و عدم تلقیح بذور با کود زیستی به‌دست آمد (شکل ۶). به‌نظر می‌رسد تلقیح بذر با کود زیستی به‌ویژه تلقیح هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در شرایط آبیاری و تاریخ کاشت ۵ مردادماه به‌دلیل ایجاد شرایط مناسب رشدی و طولانی‌شدن دوره رشد گیاه باعث افزایش وزن هزاردانه شده است. در مطالعه‌ای که Abdelazim (2018) در مصر بر روی کینوا انجام داد وزن هزاردانه ژنوتیپ های کینوا بین ۳/۵ تا ۴/۷ گرم به‌دست آمد. کمبود رطوبت سبب کاهش تولید و انتقال فتواسیمیلات ها به دانه شد، کاهش طول دوره رشد سبب پرنشدن کامل دانه و تولید دانه‌های کوچک‌تر در شرایط تنش رطوبتی می‌شود. در پژوهش‌های Sezen *et al.* (2016) کاهش وزن هزاردانه در اثر کم‌آبیاری گزارش شد ایشان علت کاهش وزن هزاردانه را به کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی نسبت دادند که باعث کوتاه‌شدن طول دوره مؤثر پرشدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه های در حال رشد شده است. در مطالعه Soleimani Fard *et al.* (2013) وزن هزاردانه کینوا، به‌طور معنی‌داری با تأخیر در کاشت از اوایل پاییز تا اواخر پاییز کاهش یافت. هم‌چنین در ذرت بیش‌ترین وزن هزاردانه در تلقیح هم‌زمان دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کم‌ترین وزن هزاردانه متعلق به تیمار عدم تلقیح (شاهد) بود که افزایشی معادل ۱۴/۶ درصد داشت. با توجه به طولانی‌ترشدن دوره رسیدگی در اثر تلقیح هم‌زمان بذور با دو باکتری امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیش‌تری از مبدأ به مقصد می‌باشد. وزن هزاردانه در کینوا با شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه، همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد روز تا سبزشدن همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴).

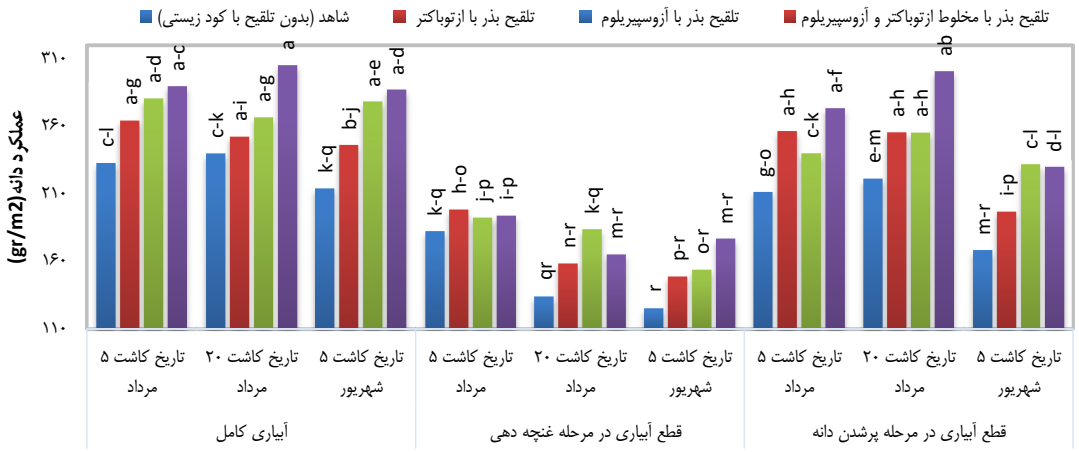


شکل ٦. اثر متقابل آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر وزن هزاردانه در کینوا.
(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

۳. ۶. عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها تفاوت معنی‌داری بین اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی از نظر عملکرد

دانه کینوا نشان داد (جدول ۳). هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها اثرات متقابل معنی‌دار سه‌جانبه آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی با احتمال ۵ درصد نشان داد (جدول ۳). به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه (۳۰۴/۹ گرم برمترمربع) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و تلقیح هم‌زمان کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بود هرچند که بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در این شرایط به‌دست آمد، اما از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه با تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و تلقیح هم‌زمان کودهای زیستی نداشت، بنابراین به سبب کاهش مصرف آب برتری دارد (شکل ۷). گزارش‌های زیادی مبنی بر کاهش عملکرد در شرایط تنش رطوبتی و تأثیر تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر عملکرد دانه وجود دارد (Farooq *et al*., 2009; Dawood, 2018). کمبود آب با کاهش تبادلات گازی برگ سبب کاهش اندازه منبع و مخزن می‌شود در نتیجه بارگیری، تخلیه و تسهیم مواد فتوسنتزی در گیاه به‌هم می ریزد. تأخیر در کاشت تأثیر زیادی بر تقسیم ماده خشک گیاهی به دانه دارد و باعث کاهش کارایی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده هم‌چنین گزارش شده است که کینوا در دوره پر شدن دانه، به دمای بالاتر از ۲۵ درجه و کم‌تر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد حساس است و دمای خارج از این محدوده باعث کاهش عملکرد می‌شود (Samadzadeh *et al*., 2020). بر این اساس در تاریخ کاشت پنجم و ۲۰ مردادماه به سبب این‌که مرحله گل‌دهی تا پرشدن دانه مصادف با اواخر شهریورماه و اوایل مهرماه بود و در این زمان میانگین دما در منطقه بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد بود می‌تواند تأثیر مثبت در عملکرد دانه داشته باشد. در همین ارتباط یافته های پژوهش مشابهی روی کینوا در بیرجند نشان می‌دهد که تاریخ کاشت اواسط مردادماه که گرده‌افشانی آن با دما های نسبتاً مناسب در اواخر شهریورماه مواجه می‌شود، می‌تواند رشد زایشی کینوا را به‌طور مطلوبی بهبود بخشد (Mostafaei *et al*., 2017). در بررسی Soleimani Fard *et al*. (2013) تلقیح هم‌زمان دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باعث افزایش عملکرد ۲۰ درصدی نسبت به شاهد (عدم تلقیح) در ذرت شد، می‌توان گفت دو نوع کود زیستی (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) بهترین اثرات متقابل را داشته و دارای اثرات هم افزایی با یکدیگر می‌باشند (Moradi *et al*., 2011). عملکرد دانه کینوا با تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد روز تا سبزشدن، تعداد روز تا غنچه‌دهی و میزان ساپونین دانه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴).

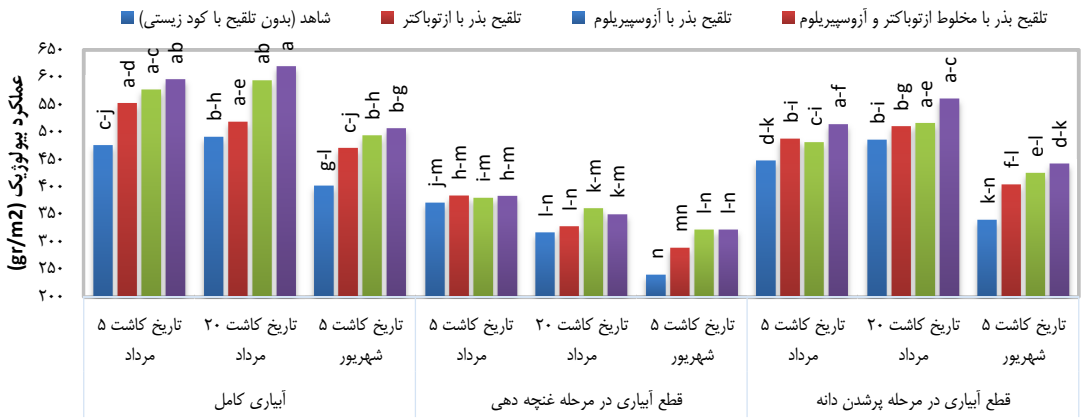


شکل ۷. اثر متقابل آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر وزن عملکرد دانه در کینوا.

(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

۳. ۷. عملکرد بیولوژیک

اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی از نظر عملکرد بیولوژیک در کینوا تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۳). هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل معنی‌داری بین اثرات سه‌گانه آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۵ درصد داشت (شکل ۸). به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک (۶۲۰ گرم بر متر مربع) از تیمار آبیاری کامل با تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و تلقیح هم‌زمان بذور با کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک (۲۴۰ گرم بر مترمربع) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت ۵ شهریورماه و عدم تلقیح بذر با کود زیستی مشاهده شد (شکل ۸). کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی در تمامی تاریخ‌های کاشت و سطوح آبیاری باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شده است، با وجود این که این افزایش در شرایط آبیاری کامل و تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه بیش‌ترین بود اما با آبیاری کامل و تاریخ کاشت ۵ مردادماه و هم‌چنین با شرایط قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه و تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و تلقیح هم‌زمان کودهای زیستی در یک گروه آماری بوده و اختلاف معنی‌داری نداشت. تنش خشکی سبب کاهش عملکرد بیولوژیک گیاه کینوا می‌شود (Telahigue *et al*., 2017). کودهای زیستی از جمله ازتوباکتر شاخص‌های رشد نظیر وزن تر و خشک اندام های رویشی را افزایش می‌دهند. کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی، بیش‌ترین تأثیر را در تعدیل اثرات تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک کینوا داشته است. چنین می‌توان بیان داشت باکتری‌های محرک رشد با تأثیر بر وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیش‌تر به اندام‌های رویشی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک شده و این باکتری‌ها به‌عنوان یک تحریک‌کننده رشد گیاهی غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی به‌دلیل تولید اکسین و افزایش توان تولید تارهای کشنده، منجر به بهبود جذب آب و عناصرغذایی از خاک می‌شوند (Amiryousefi *et al*., 2020).

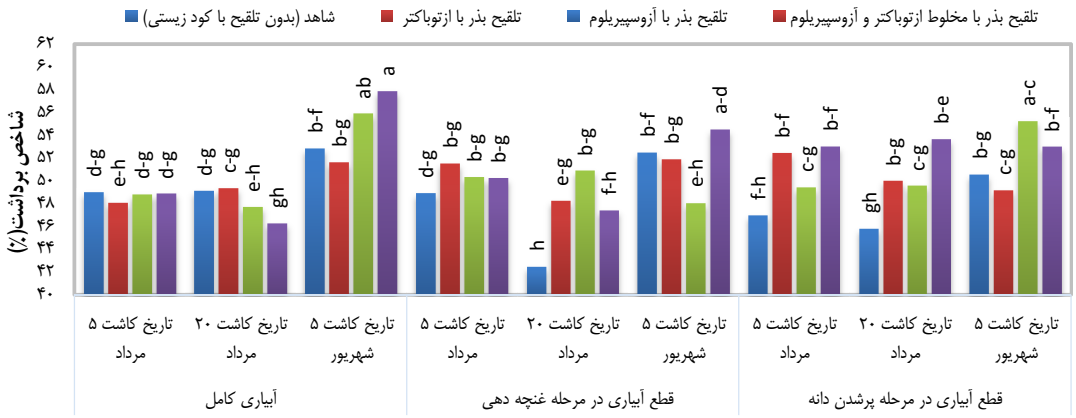


شکل ۸. اثر متقابل آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر وزن عملکرد بیولوژیک در کینوا.
(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

۳. ۸. شاخص برداشت

شاخص برداشت در کینوا از نظر اثرات ساده آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل معنی‌داری بین اثرات سه‌گانه آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۳). به‌طوری که بیش‌ترین شاخص برداشت (۵۷/۸۱) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ

کاشت ۵ شهریورماه همراه با تلقیح هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کم‌ترین شاخص برداشت (۴۲/۴۸) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و عدم تلقیح کود زیستی به‌دست آمد (شکل ۹). شاخص برداشت در کینوا به‌شدت تحت تأثیر تاریخ کاشت می‌باشد (Hirich *et al.*, 2014). شاخص برداشت رقم تی تی کاکا بسته به سال و تاریخ کاشت بین ۴۲ تا ۵۷ درصد گزارش شده است (Lavini *et al.*, 2014). فراهمی رطوبت در مرحله پرشدن دانه سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود زیرا فراهمی رطوبت تأثیر مثبت بر فتوسنتز جاری دارد و عملکرد گیاه نتیجه تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های اقتصادی گیاه است که از طریق روابط متعادل بین منبع و مخزن حاصل می‌شود. کاهش شاخص برداشت در شرایط کمبود رطوبت ممکن است به‌دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده و کاهش انتقال مجدد مواد فتوسنتز شده در مرحله پرشدن دانه باشد، در واقع در شرایط تنش رطوبتی، دوره پرشدن دانه کاهش، تعداد دانه و هم‌چنین وزن دانه افت کرده و به دنبال کاهش عملکرد دانه، شاخص برداشت نیز کم می‌شود. در آزمایش Rai & Caur (1998) کاربرد تلقیح هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم روی شاخص برداشت در ژنوتیپ‌های مختلف گندم اثر مثبت داشت. در مطالعه Soleimani Fard *et al.* (2013) استفاده هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بیش‌ترین شاخص برداشت حاصل شد که دلیل آن را تأثیر کودهای زیستی بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص مواد فتوسنتزی بیش‌تر به دانه می‌باشد که سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود. شاخص برداشت در کینوا با عملکرد دانه، وزن هزاردانه و درصد پروتئین دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و با میزان ساپونین دانه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴).

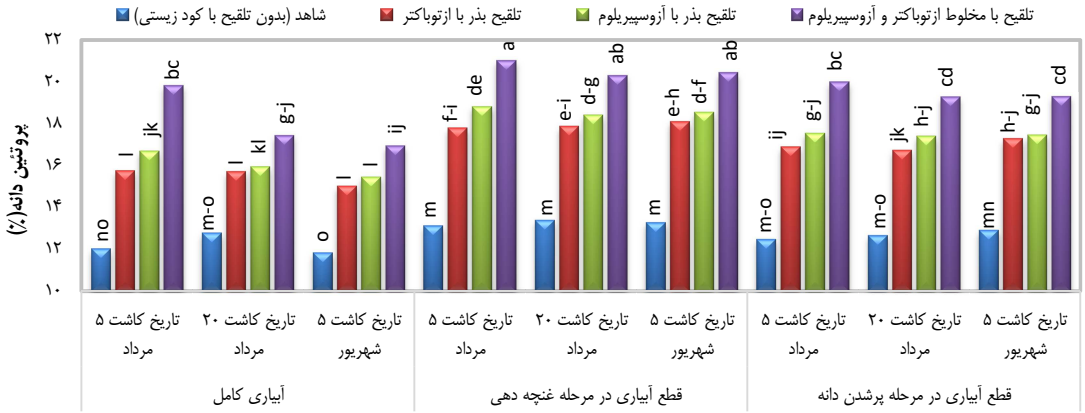


شکل ۹. اثر متقابل آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر شاخص برداشت در کینوا.
(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

۳. ۹. درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها، اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی را از نظر درصد پروتئین دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل معنی‌داری بین اثرات سه‌گانه آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۵ درصد داشت (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد پروتئین دانه (۲۱/۰۲ درصد) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت ۵ مردادماه و تلقیح هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و کم‌ترین میزان پروتئین دانه (۱۱/۸۵ درصد) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۵ شهریورماه و عدم تلقیح با کود زیستی به‌دست آمد (شکل ۱۰). بنابراین در شرایط کاهش آبیاری و تلقیح کودهای زیستی به خصوص تلقیح هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم میزان

پروتئین دانه کینوا افزایش یافت، با توجه به این‌که در شرایط تنش رطوبتی درصد نیتروژن در گیاه افزایش می یابد در نتیجه آن درصد پروتئین نیز افزایش می یابد. متفاوت‌بودن مقدار پروتئین خام در گیاه کینوا تحت تأثیر تاریخ کاشت به‌دلیل شرایط محیطی متفاوت گزارش گردید (Gonzalez *et al*., 2012). در مطالعه (Bagheri *et al*., 2021) درصد پروتئین در ژنوتیپ‌های موردمطالعه بین ۱۵/۰۳–۱۸/۱۷ درصد متغیر بود، تأثیر هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر درصد پروتئین دانه ذرت نسبت به عدم تلقیح افزایش معنی‌داری نشان داد (Singh *et al*., 2016; F.A.O, 2017)[1]. میزان پروتئین ژنوتیپ‌های کینوا در مکان‌های مختلف از ۱۱ تا ۱۸ درصد متغیر بود (Angeli *et al*., 2020). درصد پروتئین دانه با شاخص برداشت و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد روز تا سبزشدن همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴).



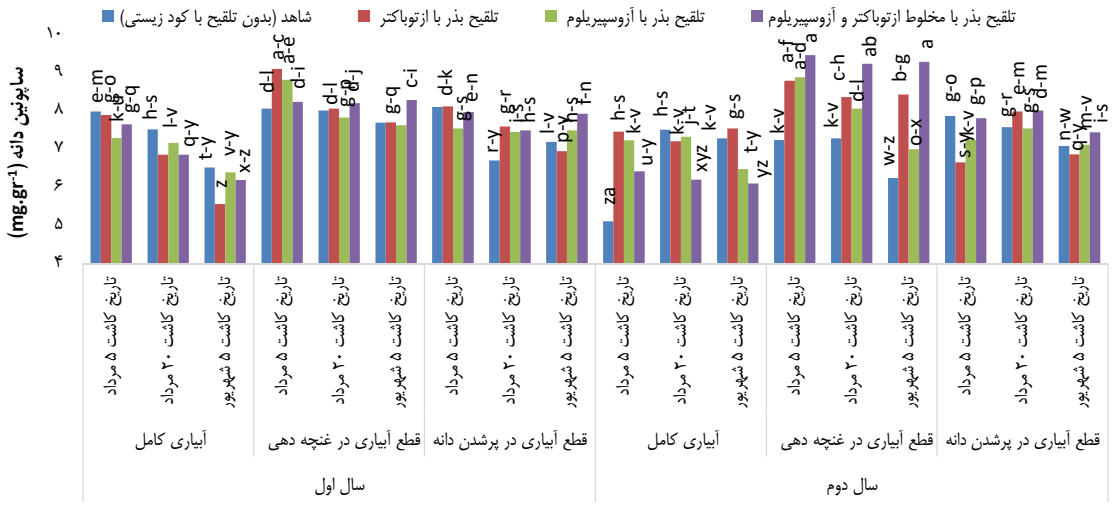
شکل ۱۰. اثر متقابل آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر درصد پروتئین دانه در کینوا.
(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

۳. ۱۰. میزان ساپونین دانه

میزان ساپونین دانه در کینوا از نظر اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی تفاوت معنی‌دار نشان داد همچنین مقایسه میانگین‌ها اثرات متقابل چهارجانبه معنی‌داری بین سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان ساپونین دانه (۹/۴۵ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار قطع آبیاری در مرحله غنچه‌دهی با تاریخ کاشت ۵ مردادماه و تلقیح هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در سال دوم و کم‌ترین میزان ساپونین دانه (۵/۱۱ میلی گرم بر گرم) از تیمار آبیاری معمولی با تاریخ کاشت پنجم مردادماه و عدم تلقیح با کود زیستی در سال دوم به‌دست آمد (شکل ۱۱). همان‌طورکه مشاهده می‌شود میزان ساپونین با کاهش رطوبت و در شرایط تلقیح هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم افزایش یافت. محتوای ساپونین در پوسته بذر کینوا از ۰/۲ تا ۱۱/۳ گرم بر کیلوگرم ماده خشک متفاوت است. محتوای ساپونین در کینوا متأثر از کمبود رطوبت خاک بوده به‌طوری که کمبود شدید آب، محتوای ساپونین را افزایش داد همچنین کاربرد کودهای زیستی شامل ازتوباکتر، آزوسپیریلوم بر میزان اسانس اثر قابل‌توجهی داشت (Solíz-Guerrero *et al*., 2002). برگ های ژنوتیپ‌های مختلف گندم نشان دادند که تنش آبی باعث افزایش تولید محتوای کل ترکیبات فنولی برگ شد (Hamed *et al*., 2012). میزان ساپونین دانه با تعداد روز تا

1. Food and Agricultural Organization of the United Nations

سبزشدن همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، عملکرد دانه و شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). بنابراین هرچه سبزشدن دیرتر اتفاق افتاده میزان ساپونین افزایش یافت.



شکل ۱۱. اثر متقابل سال، آبیاری، تاریخ کاشت و کودهای زیستی بر میزان ساپونین دانه کینوا.
(حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها براساس آزمون دانکن می‌باشد.)

۴. نتیجه‌گیری

هرچند که آبیاری معمولی با تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و تلقیح هم‌زمان کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بیش‌ترین میزان صفات موردمطالعه به‌ویژه عملکرد دانه (۳۰۴/۹۷ گرم بر مترمربع) را داشت، اما با تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه با تاریخ کاشت ۲۰ مردادماه و تلقیح هم‌زمان کودهای زیستی در یک گروه آماری قرار گرفت. بنابراین به لحاظ اهمیت مصرف آب می‌توان گفت که در شرایط محدودیت منابع آبی تیمار قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه مطلوب‌ترین نتیجه را دارد. بررسی صفات موردمطالعه نمایانگر تأثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه کاربرد هم‌زمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در صفات موردمطالعه بود. بنابراین استفاده هم‌زمان از کودهای زیستی به‌دلیل توانایی بالا در تثبیت نیتروژن و فراهمی عناصر غذایی موردنیاز گیاه هم‌چون فسفر، پتاسیم، تولید سیدروفور و محلول‌سازی آهن، سنتز فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین، سیتوکنین، جیبرلین و سنتز آنزیم‌هایی که رشدونمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، اثرات مثبتی بر صفات موردبررسی به‌ویژه عملکرد دانه نشان داد.

۵. تشکر و قدردانی

از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به جهت تهیه بذر کینوا و هم‌چنین از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور به جهت تهیه کودهای زیستی برای اجرای پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Abdelazim, A. A. (2018). Chemical and technological evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivated in Egypt. *Journal of Acta Scientific Nutritional Health*, *2*(7), 42-53.

Alejandro, B., Luz, G. P., & Wilfredo, R. (2015). Quinoa breeding and modern variety development. Chapter 2.5. In D. Bazile, D. Bertero, & C. Nieto (Eds.), State of the art report of quinoa in the world in 2013 (pp. 172_191), Rome: FAO & CIRAD.

Amiryousefi, M. R., Tadayon, M. R., & Ebrahimi, R. (2020). Effect of Chemical and Biological Fertilizers on Some Physiological Traits, Yield Components and Yield of Quinoa Plant. *Journal of Crop Production and Processing*, *10*(2), 1-17. (In Persian).

Angeli, V., Silva, P. M., Massuela, D. C., WaleedKhan, M., Hamer, A., Khajehei, F., Graeff-Honinger, S., & Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the "Golden Grain" and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods*, *9*(2), 216.

Bagheri, A., Anafjeh, Z., Keshavarz, S., & Foladi, B. (2021). Evaluation of Quantitative and Qualitative Characteristics of New Quinoa Genotypes in Spring Cultivation at Karaj. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *18*(4), 465-475. (In Persian).

Dawood, M. G. (2018). Improving drought tolerance of quinoa plant by foliar treatment of trehalose. Agricultural Engineering International: *CIGR Journal*, *19*(5), 245-254.

Emam, Y., & Pirasteh Anousheh, E. (2014). Farm and laboratory methods in agricultural sciences. Mashhad University Jihad Publications.

F.A.O. (2017). Faostat. Available at: http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, *29*, 185- 196.

Gharineh, M. H., Bakhshandeh, A., Andarzian, B., & Shirali, M. (2019). Effects of sowing dates and irrigation levels on morphological traits and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Khuzestan. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *50*(3), 149-156. (In Persian).

Gonzalez, J. A., Konishi, Y., Bruno, M., Valoy, M., & Prado, F. E. (2012). Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoas (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars from two different agro-ecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *92*, 1222–1229.

Hafeez, F. Y., Safdar, M. E. Chaudry, A. U., & Malik, K. A. (2004). Rhizobial inoculation improves seedling emergence, nutrient uptake and growth of cotton. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *44*, 617-622.

Hamed, A. M., Goher, M., & Iqbal, N. (2012). Drought induced programmed cell death and associated changes in antioxidants, proteases and lipid peroxidation in wheat leaves. 10.1007/s10535-012-0286-9.

Hamidi, A., Chookan, R., AsgharZadeh, A., DehghanShoar, M., Ghalavand, A., & Malakouti, M. J. (2011). Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on dry matter partitioning of late maturing maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *52*(2), 109-120.

Hang, A. N., & Evans, D. (1985). Deficit sprinkler irrigation of sunflower and safflower. *Agronomy Journal*. *77*, 588-592.

Hirich, A., Choukr-Allah, R., & Jacobsen, S. E. (2014). Quinoa in Morocco – effect of sowing dates on development and yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *14*, 1-7.

Itelima, J. U., Bang, W. J., Onyimba, I. A., Sila, M. D., & Egbere, O. J. (2018). Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop productivity: (A Review). *Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*, *6*(3), 73-83.

Jamali, S., Goldani, M., & Zeynodin, S. M. (2020). Evaluation the effects of periodic water stress on yield and water productivity on Quinoa. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *13*(6), 1687-1697. (In Persian).

Koziol, M. J. (1991). Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Science Food Agriculture*, *54*, 211-219.

Lavini, A., Pulvento, C., Andria, R., Riccardi, M., Choukr-Allah, R., Belhabib, O., Yazar, A., Incekaya, C., Metin Sezen, S., Qadir, M., & Jacobsen, S. E. (2014). Quinoa's potential in the mediterranean region. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *200*, 344-360.

Moradi, M., Siadat, S. A., Khavazi, K., Naseri, R., Maleki. A., & Mirzae, A. (2011). Effect of Application of Biofertilizers and Phosphorus Fertilizers on Qualitative and Quantitative Traits of Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, *15*(60), 467-492. (In Persian).

Mostafaei, M., Jami Al-Ahmadi, M., Salehi, M., & Shahidi, A. (2017). Effect of different levels of irrigation and density on the functional characteristics of quinoa. *The first national conference on new opportunities for production and employment in the agricultural sector in the east of the country*. (In Persian).

Portar, P. M., Sullivan, M. J., & Harvey, L. H. (1996). Cotton cultivar response to planting date on the southeastern coastalplain. *Journal of Production Agriculture*, *9*, 223- 227.

Rai, S.N., & Caur, A. C. (1998). Characterization of Azotobacter Spp. and effect of *Azospirilum lipoferum* on the yield and N-Uptake of wheat crop. *Plant and Soil*, *109*, 131-134.

Robertson, M. J., Holland, J. E., & Bambach, R. (2005). Response of canola and Indian mustard to sowing date in the grain belt of north- eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *44*, 43-52.

Samadzadeh, A., Zamani, G., & Fallahi, H. R. (2020). Possibility of quinoa production under South-Khorasan climatic condition as affected by planting densities and sowing dates. *Applied Field Crop Research*, *33*(1), 82-104. (In Persian).

Sezen, S. M., Yazar, A., Tekin, S., & Yildiz, M. (2016). Use of drainage water for irrigation of quinoa in a mediterranean environment. 2nd World Irrigation Forum (WIF2) 6-8 November 2016, Chiang Mai, Thailand.

Sharpe, R. R., Harper, L. A., Giddens, J. E. and Langdale, G. W. (2001). Nitrogen use efficiency and nitrogen budget for conservation tilled wheat. *Soil Science Society of America Journal*, *52*, 1349-1398.

Singh, P. (1991). Influence of water deficits on phenology, growth and dry matter allocation in chickpea (*Cicer arientinum* L.). *Field Crops Research*, *28*, 1-15.

Singh, S., Singh, R., & Singh, K. V. (2016). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), functional superfood for today's world: A Review. *Journal of World Scientisic News*, *58*, 84-96.

Soleimani Fard, A., Naseri Rad, H., Naseri, R., & Piri, E. (2013). Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phenological traits, grain yield and yield components of three maizes (*Zea mays* L.) cultivars. *Journal of Crop Ecophysiolog*y, *7*(25), 71-90. (In Persian).

Solíz-Guerrero, J. B., de Rodriguez, D. J., Rodríguez-García, R., Angulo-Sánchez, J. L., & Méndez-Padilla, G. (2002). Quinoa saponins, concentration and composition analysis. In: Janick, J., Whipkey, A. (Eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, pp. 110-114.

Telahigue, D. C., Yahia, L. B., Aljane, F., Belhouchett, K., & Toumi, L. (2017). Grain yield, biomass productivity and water use efficiency in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under drought stress. *Journal of Scientific Agriculture*, 222-232.

Yasari, E., & Patwardhan, A. M. (2007). Effects of aztobacter and azospirillium inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. *Asian Journal Plant Science*, *6*(1), 77-82.