Razi University

Cereal Biotechnology and Biochemistry

Online ISSN: 2783-5170

Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

Investigation the effects of planting dates on agro-physiological characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) as a second crop in the climatic conditions of Kermanshah

Mokhtar Ghobadi[1,2] ✉ & Yasin Norouzi[1]

[1] Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

[2] Cereal Research Center, Razi University, Kermanshah, Iran.

✉ Corresponding author. E-mail: ghobadi.m@razi.ac.ir

ABSTRACT

Introduction: Quinoa is a semi-cereal native to the Andes region of South America. Quinoa can be cultivated in many parts of the world as a new alternative crop due to its high nutritional properties and compatibility to the environment. Choosing the appropriate planting date is known as one of the most important agricultural programs to achieve optimal yield in crops. In the temperate regions of Iran, after the harvest of winter cereals such as wheat and barley, crops are usually not cultivated in the arable land until autumn. Therefore, selecting plants as a second crop can increase the farmer's income. In Iran, not much research has been done about the proper planting date of quinoa as a second crop. The purpose of this experiment was to determine the suitable sowing date for quinoa as a second crop in the climatic conditions of Kermanshah.

Materials and methods: The experiment was conducted as a randomized complete blocks design with three replications in the research farm of the Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah Iran, in 2018. The experimental treatments (sowing date) included 9th, 16th, 23rd, and 30th of July. In this research, some agronomic and physiological traits were recorded. Analysis of variance was done with SAS software and means were compared with the least significant difference (LSD) test.

Results: The results of the analysis of variance showed that the effect of planting date on plant height, number of secondary branches, number of panicles, number of seeds per panicle, panicle length, number of days to flowering, 1000 grains weight, grain and biological yields, harvest index, soluble carbohydrates, proline content, chlorophyll a, and chlorophyll b concentrations were significant. The mean comparison test showed that the delay in the planting caused a significant decrease in the investigated traits of the quinoa plant. The highest and lowest amounts of these traits (except for soluble carbohydrates and chlorophyll b concentration) were obtained on the planting dates of the 9th and 30th of July, respectively. For example, the highest grain yield (2260.40 kg ha-1) was related to the planting date of 9th July, which, compared to the lowest grain yield (1331.40 kg ha-1) obtained on the planting date of 30th of July, increased by about 70%. According to the results of the correlation analysis, plant height, number of lateral branches and biological yield had the highest positive correlation with grain yield, respectively. In addition, path analysis showed that the number of panicles per plant and the number of grains per panicle had the highest direct effect, and the number of lateral branches had the highest indirect effect on quinoa grain yield.

Conclusion: In general, the results of this study showed that different sowing dates significantly affected the grain yield and yield components of quinoa. All investigated traits decreased significantly with the reduction of the growth period length. The grain yield of the quinoa can be improved by choosing the appropriate sowing date due to the proper use of environmental resources (light, temperature, etc.).

Keywords: Planting date, yield, growth period, photosynthetic pigments.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 26 Jan 2023, **Revised:** 12 Feb 2023, **Accepted:** 14 Mar 2024, **Published online:** 27 Mar 2024

Cite this article: Ghobadi, M. & Norouzi, Y. (2024). Investigation the effects of planting dates on agro-physiological characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) as a second crop in the climatic conditions of Kermanshah. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, *3*(1), 74-94. DOI: 10.22126/cbb.2024.10354.1067

© The Author(s).

10.22126/cbb.2024.10354.1067

Publisher: Razi University

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات

شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳

Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

بررسی تاریخ‌های کاشت بذر کینوا (*Chenopodium quinoa* willd) به عنوان کشت دوم از نظر خصوصیات آگروفیزیولوژیک در شرایط اقلیمی کرمانشاه

مختار قبادی[۱و۲]✉ و یاسین نوروزی[۱]

[۱] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه ایران.

[۲] مرکز تحقیقات غلات، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

✉نویسنده مسئول. رایانامه: ghobadi.m@razi.ac.ir

چکیده

مقدمه: کینوا یک شبه غله بومی منطقه آند در آمریکای جنوبی است و کینوا به دلیل خواص تغذیه‌ای بالا و سازگاری با محیط زیست به عنوان یک گیاه زراعی جایگزین جدید در بسیاری از نقاط دنیا قابل کشت است. انتخاب تاریخ کاشت مناسب به عنوان یکی از مهم‌ترین برنامه‌های به‌زراعی، برای دستیابی به عملکرد بهینه در گیاهان زراعی شناخته می‌شود. در مناطق معتدل ایران، بعد از برداشت غلات زمستانه مثل گندم و جو، در زمین زراعی تا پاییز معمولاً گیاهی کشت نمی‌شود. لذا، انتخاب گیاهی به عنوان کشت دوم می‌تواند سبب افزایش درآمد کشاورز گردد. در ایران، تحقیقات چندانی در ارتباط با تاریخ کشت مناسب کینوا به عنوان کشت دوم انجام نگرفته است. هدف از این آزمایش، تعیین تاریخ کاشت مناسب کینوا به عنوان کشت دوم در شرایط آب و هوایی شهرستان کرمانشاه بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تاریخ کاشت‌های ۱۸و ۲۵ تیر ماه و ۱ و ۸ مرداد ماه بود. در این تحقیق، برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک اندازه گیری شد. تجزیه واریانس با نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر روی صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد پانیکول، تعداد دانه در پانیکول، طول پانیکول، تعداد روز تا گلدهی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت، کربوهیدارت محلول، غلظت پرولین، غلظت کلروفیل a و b معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تأخیر در کاشت سبب کاهش معنی‌دار صفات مورد بررسی شد. بیشترین و کمترین میزان این صفات (بجز کربوهیدرات‌های محلول و غلظت کلروفیل b) به ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۱۸ تیر ماه و ۸ مرداد ماه به دست آمد. بیشترین عملکرد دانه (۲۲۶۰/۴۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تاریخ کاشت ۱۸ تیر ماه بود که در مقایسه با کمترین عملکرد دانه (۱۳۳۱/۴۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمده در تاریخ کاشت ۸ مرداد ماه حدود ۷۰ درصد بیشتر بود. نتایج تجزیه همبستگی صفات مورد بررسی نشان داد که صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و عملکرد بیولوژیک به ترتیب بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد دانه داشتند. نتایج تجزیه علیت نشان داد که تعداد پانیکول در بوته و تعداد دانه در پانیکول بیشترین اثر مستقیم و تعداد شاخه جانبی بیشترین اثر غیر مستقیم را بر عملکرد دانه کینوا داشتند.

نتیجه‌گیری: به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که تاریخ‌های کاشت متفاوت اثر معنی‌داری بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد کینوا به عنوان کشت دوم داشت و تاریخ کاشت ۱۸ تیر ماه از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، عملکرد، دوره رشد، رنگدانه فتوسنتزی.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۶ **اصلاح:** ۱۴۰۲/۱۲/۰۳ **پذیرش:** ۱۴۰۲/۱۲/۲۴، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۳/۰۱/۰۸

استناد: قبادی، م. و نوروزی، ی. (۱۴۰۳). بررسی تاریخ‌های کاشت بذر کینوا (*Chenopodium quinoa* willd) به عنوان کشت دوم از نظر خصوصیات آگروفیزیولوژیک در شرایط اقلیمی کرمانشاه. *بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات*، ۲(۳)، ۷۴-۹۴. DOI: 10.22126/cbb.2024.10354.1067

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

CC BY NC

مقدمه

گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* willd) از خانواده تاج خروسیان (*Chenopodiaceae*) یک شبه غله بومی کوه‌های آند در آمریکای جنوبی است. کینوا به دلیل خواص تغذیه ای بالا و سازگاری با محیط زیست، به عنوان یک محصول جایگزین جدید مورد توجه قرار گرفته است (Castro- Alba *et al*., 2019). در حال حاضر کینوا در آمریکای جنوبی، آمریکای شمالی، آسیا، اروپا و برخی مناطق دیگر کشت می‌شود. کشور پرو بزرگترین تولید کننده و صادرکننده کینوا است. پرو و بولیوی روی هم ۹۰ درصد از کل کینوا در جهان را تولید می‌کنند (Fathi & Kardoni, 2020).

طول فصل رشد گیاه زراعی می‌تواند مستقیماً تحت تأثیر تاریخ کاشت باشد. تاریخ کاشت بر دمای خاک و در دسترس بودن آب در خاک که با جوانه زدن بذرها تجربه می‌شود، تأثیر می‌گذارد. بنابراین تاریخ کاشت می‌تواند یک راهکار مناسب برای کمک به گیاه جهت فرار از تنش‌های زنده یا غیر زنده باشد. با این حال، پاسخ خاص به تاریخ کاشت به مکان و سیستم کشاورزی بستگی دارد (Janni *et al*., 2023). تاریخ کاشت به‌طور قابل توجهی بر عملکرد محصولات زراعی برای تولید بالاترین پتانسیل عملکرد تأثیر می‌گذارد (Olumi *et al*., 2022). زمان کاشت مناسب محصولات زراعی منجر به بهبود تولید اقتصادی می‌شود زیرا به گونه‌ها اجازه می‌دهد حداکثر پتانسیل توسعه خود را نشان دهند (Singh *et al*., 2021). هنگامی که محصولات زراعی در تاریخ کاشت مناسب کاشته می‌شوند، واریته‌ها حداکثر پتانسیل رشد خود را نشان می دهند که عملکرد اقتصادی را بدون هیچ هزینه اضافی افزایش می‌دهد (Abbas *et al*., 2019). تأخیر در کاشت، گیاه را از دریافت شرایط مناسب برای رشد خود باز می‌دارد، که منجر به کاهش بهره‌وری یا عدم موفقیت کامل جوانه‌زنی می‌شود (Ahmed *et al*., 2011). در بررسی اثر تاریخ کاشت (۱۵ اسفند، ۱ و ۱۵ فروردین) و سه ژنوتیپ کینوا (Q26، Q29 و Titicaca) گزارش شد که رقم Titicaca کاشته شده در تاریخ ۱۵ اسفند ماه دارای بیشترین عملکرد دانه (۲۲۷۶ کیلوگرم در هکتار) بود (Fazeli *et al*., 2021). در یک مطالعه گزارش شد که تأخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد دانه و اجزای عملکرد گردید. به طوری‌که تاریخ کاشت ۱۵ فروردین در مقایسه با ۱۵ اسفند منجر به کاهش عملکرد دانه (حدود ۵۰ درصد) شد. تأخیر در کاشت باعث کاهش صفات روز تا گلدهی، تعداد پانیکول در بوته، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در گیاه کینوا شد (Golabi *et al*., 2022).

انتخاب زمان کاشت مناسب علاوه بر جلوگیری از اثرات سوء دمای پایین بر محصول، باعث عدم برخورد مراحل حساس گیاه با دماهای بالا در دوره‌های انتهایی رشد می‌شود. گیاه کینوا به علت اینکه در ایران گستردگی کشت زیادی ندارد و چند سالی هست که در برخی استان های کشور مورد آزمایش قرار می‌گیرد. اطلاعات زیادی درباره مناسب ترین تاریخ کاشت آن برای اکثر مناطق ایران به ویژه استان کرمانشاه وجود ندارد. بنابراین، هدف از اجرای این آزمایش، بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا در تاریخ کاشت‌های مختلف در شرایط آب و هوایی شهرستان کرمانشاه بود.

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی منطقه در مدت زمان اجرای آزمایش

Table 1. Meteorological information of the region during the experiment.

پارامترهای هواشناسی Weather parameters	تیر Juan	مرداد July	شهریور August	مهر September	آبان October	آذر November
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	0	0	0	29	125	104
متوسط دما (درجه سانتیگراد) Mean temperature (c^o)	30.6	31.3	27.1	21.1	12.3	7.4
متوسط رطوبت (درصد) Mean humidity (%)	16	17	17	32	62	71
ساعات آفتابی Sunny hours	362.4	333.6	313.9	207.3	148.4	98.8

جدول ۲. تجزیه فیزیکی وشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physical and chemical analysis of the soil where the experiment was carried out.

مس Cu (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	آهن Fe (mg/kg)	منگنز Mn (mg/kg)	پتاسیم K (mg/kg)	فسفر P (mg/kg)	نیتروژن N (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	اسیدیته خاک PH	کربنات کلسیم $CaCo_3$ (%)	بافت خاک soil texture
1.8	0.48	4.5	14	360	18	0.09	0.99	7.8	28	رسی-سیلتی clay-silty

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. اطلاعات هواشناسی محل انجام آزمایش در طی مرحله رشدی گیاه در جدول ۱ گزارش شده است. نمونه برداری از خاک جهت بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت (جدول ۲).

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار تاریخ کاشت ۱۸و ۲۵ تیر ماه و ۱ و ۸ مرداد ماه بود. برای این آزمایش، از کینوا رقم تی‌تی‌کاکا (Titicaca) استفاده شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کشت به طول سه متر بود. فاصله بین ردیفها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو بوته روی ردیف ۸ سانتی‌متر بود. بنابراین تراکم بوته برای تمام کرت‌ها یکسان و معادل ۶۳ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. عملیات خاک‌ورزی جهت آماده‌سازی زمین و کاشت در اوایل تیرماه انجام گرفت. آبیاری متناسب با شرایط محیطی و مرحله رشدی گیاه به روش آبیاری بارانی انجام شد. وجین علف‌های هرز دو بار (در ابتدای رشد طولی ساقه و قبل از گلدهی) به صورت دستی انجام گرفت. در طی آزمایش و همزمان با شروع گلدهی، برای تمام تاریخ‌های کاشت صفت تعداد روز تا گلدهی ثبت شد. جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b از روش لیتچن تالر (Lichtenthaler, 1987) استفاده شد. کلروفیل a و b در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۶ نانومتر قرائت شد. اندازه‌گیری مقدار قندهای محلول با استفاده از فنل و اسیدسولفوریک با روش (Dubois *et al*., 1956) انجام گرفت. غلظت پرولین برگ در طول موج ۵۲۰ نانومتر با روش (Bates *et al*.,1973) اندازه گیری شد. سپس مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد. در پایان آزمایش (تاریخ برداشت ۲۳ و ۳۰ مهر ماه ؛ ۷ و ۱۴ آبان)، صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، طول پانیکول، تعداد پانیکول در بوته، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. با استفاده از روش تجزیه علیت اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات مهم کینوا بر عملکرد دانه بررسی شد. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس و همبستگی داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و تجزیه علیت با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. همچنین، مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر روی ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با تأخیر در کاشت، ارتفاع بوته کاهش یافت. بیشترین (۸۲/۲۶ سانتی‌متر) و کمترین (۵۲/۸۰ سانتی‌متر) ارتفاع بوته به ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۱۸ تیر ماه و ۸ مرداد ماه به دست آمدند (جدول ۴). کاهش ارتفاع بوته با تأخیر در کاشت می‌تواند به دلیل کاهش طول دوره رشد گیاه باشد. ارتفاع گیاه بسته به شرایط محیطی متفاوت است و در نتیجه با تأخیر در تاریخ کاشت، ارتفاع گیاه کینوا کاهش یافته است (Casini, 2019). بین تاریخ کاشت با عملکرد و اجزای عملکرد کلزا، همبستگی منفی و معنی‌دار گزارش شده است. به طوری‌که، تأخیر در کاشت باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، طول دوره گلدهی و رسیدگی گیاه شده است (Rahnama, 2011).

تعداد شاخه جانبی

اثر تاریخ کاشت بر تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها، تاریخ کاشت‌های ۱۸ تیر و ۸ مرداد ماه به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد شاخه جانبی بودند و کاهش طول دوره رشد، تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های جانبی داشت (جدول ۴). تاریخ کاشت با تأثیر بر پارامترهای مختلف رشد و اجزای عملکرد گیاه بر تعداد شاخه های جانبی گیاه کینوا تأثیر می‌گذارد. تحقیقات نشان می دهد که تاریخ‌های مختلف کاشت می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر تعداد شاخه‌های جانبی در گیاهان کینوا داشته باشد. به‌عنوان مثال، مطالعات نشان داده‌اند که تغییرات در تاریخ کاشت، منجر به تغییر در تعداد شاخه‌های جانبی، طول خوشه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه شده است. به طور خاص، افزایش تراکم بوته ناشی از تاریخ‌های مختلف کاشت می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر تعداد شاخه‌های جانبی تأثیر بگذارد (Samadzadeh *et al.*, 2020). بنابراین، انتخاب تاریخ کاشت مناسب برای بهینه‌سازی رشد و عملکرد کینوا با در نظر گرفتن تأثیر آن بر شاخه‌های جانبی و سایر ویژگی‌های مهم زراعی بسیار مهم است. در بررسی سه تاریخ کاشت ۲ و ۱۷ مرداد و ۱ شهریور ماه گزارش شده که کمترین تعداد شاخه فرعی گیاه کینوا مربوط به تاریخ کاشت ۱ شهریور ماه بوده است (Najafinezhad *et al.*, 2022). کاهش در تعداد شاخه جانبی به دلیل شرایط محیطی و اختلاف در تابش آفتاب به دلیل تغییر در طول روز نسبت داده شده است (Sief *et al.*, 2015).

طول پانیکول

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که طول پانیکول به صورت معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت

(جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین (۱۲/۷۴ سانتیمتر) و کمترین (۸/۸۴ سانتیمتر) طول پانیکول به ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۱۸ تیر و ۸ مرداد ماه به دست آمد. همچنین، تفاوت معنی‌داری از نظر آماری بین تاریخ کاشت‌های ۲۵ تیر و ۱ مرداد ماه مشاهده نشد (جدول ۴). تاریخ کاشت با تأثیر بر مراحل فنولوژیکی، خصوصیات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد گیاه بر طول پانیکول کینوا تأثیر می‌گذارد. تحقیقات نشان می‌دهد که تاریخ های مختلف کاشت می‌تواند به طور قابل توجهی بر مراحل مختلف رشد کینوا تأثیر بگذارد. در یک آزمایش بر روی گیاه کینوا، بیشترین (۴۲/۸ سانتی‌متر) و کمترین (۳۱/۱ سانتی‌متر) طول پانیکول به ترتیب برای ژنوتیپ Valiente در تاریخ ۱۵ آوریل و ژنوتیپ Titicaca در تاریخ کاشت ۱۵ مارس ثبت شده است (Altuner *et al*., 2019). گزارش شده که طول پانیکول کینوا در تاریخ کاشت ۱۵ اکتبر در مقایسه با تاریخ‌های کاشت ۱ و ۱۶ نوامبر بیشتر بوده است (Ramesh, 2016).

تعداد روز تا گلدهی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر تعداد روز تا گلدهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با وجود اینکه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین تاریخ کاشت‌های ۱۸ و ۲۵ تیرماه از نظر تعداد روز تا گلدهی مشاهده نشد؛ اما، بیشترین تعداد روز تا گلدهی (۶۹/۳۳ روز) مربوط به تاریخ کاشت ۱۸ تیرماه بود (جدول ۴). همچنین، کمترین تعداد روز تا گلدهی (۵۲/۳۳ روز) در تاریخ کاشت ۸ مرداد ماه ثبت شد. گزارش شده است که تأخیر در کاشت باعث کاهش صفات عملکرد دانه، تعداد روز تا سبز شدن، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی دانه در گیاه کینوا ارقام ICBA-Q5 و Titicaca شده است (Taaime *et al*., 2022).

تعداد دانه در پانیکول

اثر تاریخ کاشت بر روی تعداد دانه در پانیکول گیاه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری از نظر تأثیر بر روی تعداد دانه در پانیکول بین تاریخ کاشت‌های ۱۸ با ۲۵ تیر، ۲۵ تیر با ۱ مرداد و ۱ مرداد با ۸ مرداد مشاهده نشد. اما، به طور کلی بیشترین (۵۱۶ دانه) و کمترین (۲۴۹/۳۳ دانه) تعداد دانه در پانیکول به ترتیب مربوط به تاریخ کاشت‌های ۱۸ تیر و ۸ مرداد ماه بود (جدول ۴). در یک تحقیق، گزارش شده که تعداد بذر در بوته گیاه کینوا در تاریخ کاشت مارس به طور قابل توجهی بیشتر از سایر تاریخ‌های

کاشت (ژوئن و آگوست) بوده است (Katsunori *et al.*, 2016).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه کینوا تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت (میانگین مربعات).

Table 3- Analysis of variance for the investigated traits of quinoa under the influence of different planting dates (mean squares).

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of branches	طول پانیکول Panicle length	تعداد روز تا گلدهی days to flowering	تعداد دانه در پانیکول No. of grains per panicle	تعداد پانیکول در بوته No. of panicles per plant	وزن هزار دانه 1000 grain weight
بلوک Block	2	169.12^{ns}	3.08**	3.99**	1.33^{ns}	10335.58^{ns}	3.25**	0.03*
تاریخ کاشت Sowing date	3	477.95**	12.52**	7.92**	171.63**	38712.97**	14.00**	0.48**
خطا Error	6	48.68	0.19	0.47	5.22	4705.80	0.25	0.005
ضریب تغییرات (%) CV (%)		10.31	5.57	6.40	3.74	18.33	6.25	3.03

ns، ** و * به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

ns: no significant **, * Significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر صفات مورد بررسی گیاه کینوا.

Table 4- Mean comparison of the effect of different planting dates on the studied traits of quinoa.

تاریخ کاشت Sowing date	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی No. of branches	طول پانیکول (سانتی‌متر) Panicle length (cm)	تعداد روز تا گلدهی days to flowering	تعداد دانه در پانیکول No. of grains panicle	تعداد پانیکول در بوته No. of panicles per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g)
۱۸ تیر July 9th	82.26[a]	10.00[a]	12.74[a]	69.33[a]	516.00[a]	10.33[a]	2.91[a]
۲۵ تیر July 16th	72.44[ab]	9.00[b]	11.05[b]	65.00[a]	403.33[ab]	9.00[b]	2.79[a]
۱ مرداد July 23th	63.07[bc]	7.33[c]	10.29[b]	57.66[b]	323.67[bc]	7.33[c]	2.39[b]
۸ مرداد July 30th	52.80 [c]	5.33[d]	8.84[c]	52.33[c]	249.33[c]	5.33[d]	2.03[c]
LSD (%)	13.94	0.88	1.37	4.56	137.05	0.99	0.15

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد ($LSD \leq 0.5$).

Similar letters in each column indicate non-significance between treatments ($LSD \leq 0.5$).

تعداد پانیکول در بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر صفت تعداد پانیکول در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با کاهش طول دوره رشد گیاه، تعداد پانیکول در بوته به طور معنی‌دار کاهش یافت. به طوری که تعداد پانیکول در بوته در تاریخ کاشت ۸ مرداد (۵/۳۳ عدد) در مقایسه با تاریخ کاشت ۱۸ تیر ماه (۱۰/۳۳ عدد) حدود ۴۸ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴). گزارش شده که تأخیر در تاریخ کاشت بذر کینوا باعث کاهش صفات روز تا گلدهی (۲۱ درصد)، تعداد پانیکول در بوته (۴۲ درصد)، تعداد دانه در پانیکول (۲۶ درصد)، وزن هزار دانه (۲۱ درصد)، عملکرد دانه (۶۳ درصد) و شاخص برداشت (۵۴ درصد) شده است (Golabi *et al*., 2022).

وزن هزار دانه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر روی وزن هزار دانه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین (۲/۹۱ گرم) و کمترین (۲/۰۳ گرم) وزن هزار دانه به ترتیب مربوط به تاریخ‌های کاشت ۱۸ تیر و ۸ مرداد ماه بود. همچنین، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت ۱۸ و ۲۵ تیرماه از نظر تأثیر بر وزن هزار دانه تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). در یک مطالعه بر روی گیاه کینوا گزارش شد که کینوا کاشته شده در ۱۴ نوامبر دارای وزن هزار دانه (۲/۹ گرم) بیشتری نسبت به آنهایی بود که در تاریخ‌های کاشت زودتر و دیرتر کاشته شده بودند (Hamza *et al*., 2022). بیشترین وزن هزار دانه (۳/۰۴ و ۳ گرم) به ترتیب در ژنوتیپ Titicaca و تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت در سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ به دست آمد. کمترین وزن هزار دانه (به ترتیب ۱/۵۷ و ۲/۱۹ گرم در سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰) در ژنوتیپ Q29 و تاریخ کاشت ۱۵ مارس در هر دو سال گزارش شده است (Rabbani *et al*., 2022).

عملکرد بیولوژیک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین عملکرد بیولوژیک (۵۶۴۹/۹۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمده مربوط به تاریخ کاشت ۱۸ تیرماه بود که در مقایسه با تاریخ کاشت ۸ مرداد ماه (۴۳۷۸/۹۰ کیلوگرم در هکتار) حدود ۲۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۶). همچنین، بین تاریخ کاشت‌های ۲۵ تیر با ۱ مرداد و ۱ مرداد با ۸ مرداد تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. عملکرد بیولوژیک کینوا تحت تأثیر تاریخ‌های کاشت معنی‌دار بود. کاهش عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت دیرهنگام می‌تواند به دلیل کاهش طول دوره رشد مناسب گیاه باشد. کاهش طول دوره رشد با تأثیر بر کاهش صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ و سایر صفات بر عملکرد بیولوژیک تأثیر منفی می‌گذارد. در یک پژوهش که کینوا در تاریخ‌های مختلف کاشته شد بیش‌ترین (۱۰۹۶۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۳۷۳۹ کیلوگرم در هکتار) عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تاریخ‌های کاشت ۱۵ اسفند و ۳۰ مرداد حاصل شد. همچنین بین تاریخ کاشت‌های ۱۵ و ۳۰ مرداد تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (Hosseini *et al*., 2021). گزارش شده که تاریخ کاشت کینوا بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد پانیکول و عملکرد بیولوژیک اثر معنی‌داری بر جا گذاشته است (Khanalizadegan *et al*., 2020).

عملکرد دانه

اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۲۶۰/۴۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تاریخ کاشت ۱۸ تیر ماه بود که در مقایسه با کمترین عملکرد دانه (۱۳۳۱/۴۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمده در تاریخ کاشت ۸ مرداد ماه، حدود ۷۰ درصد افزایش نشان داد. همچنین، نتایج نشان داد که بین تاریخ کاشت‌های ۲۵ تیر و ۱ مرداد ماه از نظر تأثیر بر عملکرد دانه تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). کاهش عملکرد در کاشت تأخیری را می‌توان به عواملی مانند کاهش تراکم بوته نسبت داد که منجر به کاهش تعداد شاخه‌های جانبی و طول خوشه می‌شود. علاوه بر این، تاریخ کاشت دیرهنگام می‌تواند منجر به تغییرات در مراحل فنولوژیکی، ویژگی‌های مورفولوژیکی و اجزای عملکرد گیاه شود و در نهایت بر بهره وری کلی تأثیر بگذارد. مطالعات نشان داده‌اند که کاشت تاخیری می واند بر پارامترهای مختلف رشد و اجزای عملکرد تاثیر منفی بگذارد و اهمیت انتخاب تاریخ کاشت مناسب برای بهینه‌سازی عملکرد محصول در شرایط مختلف محیطی را برجسته می‌کند (Najafinezhad *et al*., 2021). تأخیر در تاریخ کاشت موجب تأخیر در مراحل فنولوژیکی گیاه کینوا و در نهایت کاهش عملکرد دانه شده است (Taosi & Lotfali-Aine, 2016). گزارش شده است که کاشت تأخیری باعث کاهش عملکرد گیاه *Lupinus mutabilis* به دلیل محدودیت چرخه زندگی گیاه بر اساس دما و دوره نوری می‌شود (Lazaridi *et al*., 2020). تاریخ‌های کاشت مختلف می‌توانند از طریق تأثیر بر روی درجه حرارت و طول روز بر خصوصیات فنولوژیکی، مورفولوژیکی، عملکرد دانه و اجزای آن تاثیر معنی‌دار بگذارند (Hosseini *et al*., 2021). آنها همچنین، گزارش کردند که بیش‌ترین (۲۳۸۷ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین (۷۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه کینوا به ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۱۵ اسفند و ۳۰ اردیبهشت به‌دست آمده است (Hosseini *et al*., 2021). بیشترین عملکرد دانه (۲۱۷۹/۷۲ و ۲۲۶۷/۳۹ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۲۵ فروردین سال ۱۳۹۸ و ۲۵ اردیبهشت سال ۱۳۹۹ به دست آمد. تاریخ کاشت ۲۵ فروردین ۱۳۹۸ و ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۹ با تراکم ۶۰ بوته در متر مربع و ژنوتیپ تیتیکا بیشترین عملکرد دانه را در شرایط اقلیمی کرمانشاه حاصل نمود. آنها گزارش کرده‌اند که ژنوتیپ و تاریخ کاشت در مقایسه با تراکم کاشت بر رشد، نمو و عملکرد دانه گیاه کینوا مؤثرتر بوده است (Rabbani *et al*., 2022). در یک مطالعه با بررسی اثر تاریخ کاشت (اردیبهشت، خرداد و تیر)

گزارش شده که به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت اردیبهشت و تیر ماه به دست آمده است (Samadzadeh *et al*., 2020).

شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر روی شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). در مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بین تاریخ کاشت‌های ۱۸ و ۲۵ تیر ماه و ۱ مرداد ماه از نظر تأثیر بر صفت شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اما به طور کلی بیشترین (۴۰/۰۱ درصد) و کمترین (۳۰/۲۴ درصد) شاخص برداشت به ترتیب مربوط به تاریخ کاشت‌های ۱۸ تیر و ۸ مرداد ماه بود (جدول ۶). در بررسی سه تاریخ کاشت ۱۵ مارس، ۱۵ آوریل و ۱۵ می، گزارش شد که بیشترین شاخص برداشت در تاریخ کاشت ۱۵ مارس در فصل رشد ۲۰۱۹ به دست آمده است (Rabbani *et al*., 2022). همچنین، بیشترین شاخص برداشت در تاریخ کاشت ۱۵ آوریل (تاریخ کاشت اول) به دست آمده است (Oktem *et al*., 2021).

کربوهیدارت‌های محلول

طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار کربوهیدارت‌های محلول معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین، هر چند بین تاریخ کاشت‌های ۱۸، ۲۵ تیر و ۱ مرداد و همچنین، ۱ و ۸ مرداد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ اما، به ترتیب بیشترین (۳/۱۳ میلی گرم بر گرم وزن تر) و کمترین (۲/۴۴ میلی گرم بر گرم وزن تر) کربوهیدرات‌های محلول در برگ مربوط به تاریخ کاشت‌های ۸ مرداد و ۱۸ تیر ماه بود (جدول ۶). تأخیر در کاشت می‌تواند منجر به کاهش قابل توجهی در میزان نفوذ نور به تاج گیاه شود و بر پارامترهای فیزیولوژیکی مانند کربوهیدرات‌های محلول برگ تاثیر مثبت بگذارد. بنابراین، تاخیر در کاشت می‌تواند مستقیماً بر سطح کربوهیدرات‌های محلول برگ در گیاهان تأثیر بگذارد و به طور بالقوه منجر به افزایش غلظت آنها در پاسخ به شرایط تنش شود (Fang *et al*., 2019). افزایش سطح قندهای محلول حاکی از تحمل بیشتر در برابر تنش دمایی است (Jacobsen *et al*., 2005). تأخیر در کاشت همراه با تنش خشکی می‌تواند منجر به کاهش اجزاء عملکرد و افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول شود (Nazeri *et al*., 2019).

غلظت پرولین

در تجزیه واریانس، اثر تاریخ کاشت بر غلظت پرولین برگ گیاه کینوا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با تأخیر در کاشت، غلظت پرولین برگ افزایش یافت. بیشترین

(۱/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین (۰/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) غلظت پرولین به ترتیب در تاریخ کاشت ۸ مرداد و ۱۸ تیر ماه به دست آمد. همچنین، نتایج نشان داد که بین تاریخ کاشت ۱ و ۸ مرداد از نظر تأثیر بر غلظت پرولین برگ تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). تاریخ کاشت می‌تواند با تأثیر بر عوامل محیطی، غلظت پرولین را در گیاهان افزایش دهد. پرولین به عنوان پاسخی به تنش‌های محیطی مختلف در گیاهان انباشته می‌شود. بنابراین، تاخیر در تاریخ کاشت، که ممکن است گیاهان را در معرض شرایط تنش طولانی مدت قرار دهد، می‌تواند منجر به افزایش غلظت پرولین به عنوان یک مکانیسم محافظتی در برابر عوامل استرس‌زای محیطی شود. این تجمع پرولین به گیاهان کمک می‌کند تا با شرایط نامطلوب کنار بیایند و عملکردهای فیزیولوژیکی خود را حفظ کنند و در نهایت به انعطاف‌پذیری و بقای آنها در شرایط استرس کمک می‌کند (Salehi *et al*., 2019).

کلروفیل a و b

اثر تاریخ کاشت بر غلظت کلروفیل a و b در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که تاریخ‌های کاشت از غلظت کلروفیل a و b متفاوتی برخوردار بودند. بیشترین (۲/۹۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین (۲/۲۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) غلظت کلروفیل a به ترتیب در تاریخ کاشت ۱۸ تیر و ۸ مرداد به دست آمد. در حالی‌که اثر تاریخ کاشت بر روی کلروفیل b معکوس بود (جدول ۶). به طوری‌که بیشترین (۱/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین (۰/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) غلظت کلروفیل b در تاریخ کاشت ۸ مرداد و ۱۸ تیر ماه حاصل شد. همچنین، نتایج نشان داد که بین تاریخ کاشت ۱۸ و ۲۵ تیر ماه و تاریخ کاشت‌های ۱۸ تیر، ۱ و ۸ مرداد از نظر غلظت کلروفیل a تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. به علاوه، نتایج نشان داد بین تاریخ کاشت ۱ و ۸ مرداد و تاریخ کاشت‌های ۱ مرداد، ۱۸ و ۲۵ تیر ماه از نظر غلظت کلروفیل b تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). علت تغییر غلظت کلروفیل a و b می‌تواند به دلیل تفاوت شرایط آب و هوایی در تاریخ کاشت‌های متفاوت باشد. در یک مطالعه نتایج نشان داد که میزان کلروفیل *E. plantagineum* در مراحل مختلف رشد به تدریج با تأخیر در تاریخ کاشت کاهش یافت و در اولین تاریخ کاشت به حداکثر و در آخرین تاریخ کاشت به حداقل رسید (Liu *et al*., 2019). تأخیر در کاشت و اختلال آبیاری، باعث کاهش غلظت کلروفیل شد (Nazeri *et al*., 2019).

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه کینوا تحت تأثیر تاریخ‌های کاشت (میانگین مربعات).

Table 5- Analysis of variance for the investigated traits of quinoa under the influence of planting dates (mean squares).

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrates	پرولین Prolin	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	1.61**	0.24**	1.78**	0.008ns	63965.34ns	260216.49*	11.42ns
تاریخ کاشت sowing date	3	0.30*	0.13**	0.43*	0.06*	452096.75**	886640.91**	53.12**
خطا Error	6	0.06	0.004	0.07	0.009	15462.96	33552.68	4.33
ضریب تغییرات (%) Cv (%)		9.15	6.96	11.01	9.42	6.92	3.71	5.76

ns، ** و * به ترتیب نشانه عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

ns: no significant **, * Significant at 1 and 5% probability levels respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های کاشت بر صفات مورد بررسی گیاه کینوا.

Table 6- Mean comparison of the effect of planting dates on the studied traits of quinoa plants

شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	کلروفیل b Chl b	کلروفیل a Chl a	پرولین Proline	کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrates	تاریخ کاشت Date of sowing
	(کیلوگرم در هکتار) (kg ha^{-1})		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) (mg g^{-1} leaf fresh weight)				
40.01^{a}	5649.90^{a}	2260.40^{a}	0.92^{b}	2.99^{a}	1.24^{a}	2.44^{b}	۱۸ تیر July 9th
37.97^{a}	5005.50^{b}	1898.40^{b}	0.95^{b}	2.50^{ab}	1.04^{b}	2.47^{b}	۲۵ تیر July 16th
36.17^{a}	4687.01^{bc}	1695.60^{b}	1.12^{ab}	2.41^{b}	0.83^{c}	2.67^{ab}	۱ مرداد July 23th
30.24^{b}	4378.90^{c}	1331.40^{c}	1.23^{a}	2.20^{b}	0.79^{c}	3.13^{a}	۸ مرداد July 30th
4.16	365.96	248.44	0.19	0.55	1.18	0.49	LSD (%)

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد (LSD ≤ 0.5).

Similar letters in each column indicate non-significance between treatments (LSD ≤ 0.5).

نتایج تجزیه همبستگی و علیت

نتایج همبستگی بین صفات مورد بررسی (جدول ۷) نشان داد که عملکرد دانه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را به ترتیب با صفات ارتفاع بوته (R=0.968)، تعداد شاخه جانبی (R=0.961)، عملکرد بیولوژیک (R=0.947)، تعداد پانیکول در بوته (R=0.941)، شاخص برداشت (R=0.921)، روز تا گلدهی (R=0.920)،، تعداد دانه در پانیکول (R=0.916)، طول پانیکول (R=0.893)، وزن هزار دانه (R=0.704) و غلظت کلروفیل a (R=0.613) داشت (جدول ۷). همبستگی زیاد بین عملکرد دانه کینوا و تعداد شاخه جانبی و ارتفاع بوته را می‌توان به این دلیل نسبت داد که

این صفات به طور مستقیم بر بهره‌وری کلی گیاه تأثیر می‌گذارند. بوته گیاه کینوا با شاخه‌های جانبی بیشتر، ظرفیت بالاتری برای فتوسنتز دارد که منجر به افزایش تولید زیست توده و در نهایت عملکرد بیشتر دانه می‌شود. یک مطالعه نشان داد که عملکرد دانه کینوا، بیشترین همبستگی را با شاخص سطح برگ، وزن پانیکول و تعداد شاخه جانبی در بوته داشت (Fazeli *et al*., 2021). گزارش شده که بین صفات وزن هزار دانه، شاخص برداشت، طول پانیکول و تعداد پانیکول در بوته با عملکرد دانه کینوا همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشته است (Souri Laki *et al*., 2022). در یک مطالعه با بررسی تاریخ های مختلف کاشت بر عملکرد دانه کینوا نتایج نشان داد که صفات طول پانیکول و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در تمام تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه داشتند (Rabbani *et al*., 2022). همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته، تعداد شاخه اصلی و فرعی در بوته و تعداد پانیکول در بوته گزارش شده است (Afiah *et al*., 2018). در آزمایش حاضر، تعداد دانه در پانیکول (R=0.957)، ارتفاع بوته (R=0.937)، تعداد شاخه جانبی (R=0.935)، طول پانیکول (R=0.924)، روز تا گلدهی (R=0.903)، تعداد پانیکول در بوته (R=0.819)، وزن هزار دانه (R=0.735) و غلظت کلروفیل a (R=0.726) بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد بیولوژیک داشتند. بین صفات مورد بررسی، تعداد پانیکول در بوته بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (R=0.946) را با شاخص برداشت داشت. همچنین، بیشترین همبستگی مثبت (R=0.907) با صفت تعداد پانیکول در بوته مربوط به صفت تعداد شاخه جانبی در بوته بود (جدول ۷).

نتایج تجزیه علیت نشان داد که تعداد پانیکول در بوته و تعداد دانه در پانیکول به ترتیب بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه کینوا داشتند. همچنین، تعداد شاخه جانبی از طریق افزایش تعداد پانیکول در بوته، بیشترین اثر غیر مستقیم را بر عملکرد دانه کینوا داشت (جدول ۸). در یک گزارش، تجزیه علیت عملکرد دانه با صفات مورد بررسی کینوا نشان داد که دو صفت وزن هزار دانه و طول پانیکول اصلی، بیش‌ترین تأثیر مثبت و مستقیم بر عملکرد دانه داشتند. همچنین، صفات ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد پانیکول در بوته و روز تا گرده‌افشانی به صورت غیر مستقیم بر عملکرد دانه مؤثر بودند (Souri Laki *et al*., 2022).

جدول ۷. ضرایب همبستگی بین صفات زراعی و بیوشیمیایی گیاه کینوا

Table 7. Correlation coefficients between agronomic and biochemical traits of quinoa plant

صفات Traits	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد پانیکول در بوته No. of panicles per plant	تعداد دانه در پانیکول No. of grains per panicle	وزن هزار دانه 1000 grain weight	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of branches	طول پانیکول Panicle length	روز تا گلدهی days to flowering	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	پرولین Prolin	کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrates
عملکرد دانه Grain yield	1													
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.947**	1												
شاخص برداشت Harvest index	0.921**	0.751**	1											
تعداد پانیکول در بوته No. of panicles per plant	0.941**	0.819**	0.946**	1										
تعداد دانه در پانیکول No. of grains per panicle	0.916**	0.957**	0.730**	0.764**	1									
وزن هزار دانه 1000 grain weight	0.829**	0.735**	0.803**	0.884**	0.715**	1								
ارتفاع بوته (Plant height)	0.968**	0.937**	0.885**	0.869**	0.907**	0.716**	1							
تعداد شاخه جانبی No. of branches	0.961**	0.935**	0.866**	0.907**	0.893**	0.824**	0.946**	1						
طول پانیکول Panicle length	0.893**	0.924**	0.753**	0.754**	0.850**	0.657*	0.922**	0.918**	1					
روز تا گلدهی days to flowering	0.920**	0.903**	0.801**	0.893**	0.876**	0.939**	0.852**	0.924**	0.823**	1				
کلروفیل a (Chl a)	0.704*	0.726**	0.606*	0.598*	0.680*	0.238	0.788**	0.688*	0.680*	0.455	1			
کلروفیل b (Chl b)	-0.750**	-0.762**	-0.611*	-0.675*	-0.850**	-0.823**	-0.687*	-0.762**	-0.651*	-0.887**	-0.290	1		
پرولین (Prolin)	0.613*	0.466	0.663*	0.789**	0.397	0.687*	0.483	0.506	0.282	0.605*	0.309	-0.339	1	
کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrates	-0.202	-0.079	-0.302	-0.243	-0.114	-0.556	-0.110	-0.132	-0.133	-0.384	0.493	0.436	-0.191	1

جدول ۸. بررسی اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات مهم بر عملکرد دانه گیاه کینوا.

Table 8. Investigation the direct and indirect effect of important traits on quinoa seed yield.

صفات Traits	اثر مستقیم direct effect	اثرات غیر مستقیم Indirect effects						ضرایب همبستگی Correlation coefficients
		تعداد پانیکول در بوته No. of panicles per plant	تعداد دانه در پانیکول No. of grains per panicle	وزن هزار دانه 1000 grain weight	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of branches	طول پانیکول Panicle length	
تعداد پانیکول در بوته No. of panicles per plant	0.553	-	0.241	0.010	0.185	-0.214	0.165	0.941**
تعداد دانه در پانیکول No. of grains per panicle	0.316	0.422	-	0.008	0.193	-0.211	0.186	0.916**
وزن هزار دانه 1000 grain weight	0.011	0.489	0.226	-	0.153	-0.194	0.144	0.829**
ارتفاع بوته Plant height	0.213	0.481	0.287	0.008	-	-0.223	0.202	0.968**
تعداد شاخه جانبی No. of branches	-0.236	0.502	0.282	0.009	0.201	-	0.201	0.961**
طول پانیکول Panicle length	0.219	0.417	0.269	0.007	0.196	-0.217	-	0.893**

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، اثر تاریخ کاشت‌های مختلف بر عملکرد کینوا به‌عنوان کشت دوم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تاریخ کاشت تأثیر قابل توجهی بر صفات مختلف گیاه داشته است. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که با کاهش طول دوره رشد، صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، طول پانیکول، تعداد روز تا گلدهی، تعداد دانه در پانیکول، تعداد پانیکول در بوته، وزن هزار دانه، غلظت کلروفیل a و b، غلظت پرولین برگ، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نیز کاهش یافتند. بیشترین و کمترین میزان این صفات به ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۱۸ تیر ماه و ۸ مرداد ماه به دست آمد. همچنین، نتایج همبستگی صفات مورد بررسی نشان داد که به ترتیب صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، عملکرد بیولوژیک، تعداد پانیکول در بوته و شاخص برداشت بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد دانه داشتند. به علاوه، در تجزیه علیت مشخص شد که تعداد پانیکول در بوته و تعداد دانه در پانیکول بیشترین اثر مستقیم، و تعداد شاخه جانبی بیشترین اثر غیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. به‌طور کلی، با انتخاب تاریخ کاشت مناسب به‌دلیل استفاده بهینه از منابع محیطی، می‌توان عملکرد گیاه کینوا را به عنوان کشت دوم بهبود بخشید.

References

Abbas, G., Younis, H., Naz, S., Fatima, Z., Hussain, S., Ahmed, M., & Ahmad, S. 2019. Effect of planting dates on agronomic crop production. Agronomic Crops: Production Technologies, 1, 131-147.

Ahmed, A., Munsif, F., Arif, M., Ullah, I., Nuaman, M. 2011. Yield and yield components of maize as affected by sowing dates and sowing methods. Fuuast Journal of Biology. 1:75-80.

Afiah, S. A., Hassan, W. A., & Al Kady, A. M. A. 2018. Assessment of six quinoas (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes for seed yield and its attributes under Toshka conditions. Zagazig Journal of Agricultural Research, 45(6), 2281-2294.

Altuner, F., Oral, E., & Kulaz, H. 2019. The impact of different sowing-times of the quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and its varieties on the yield and yield components in Turkey-Mardin ecology condition. Applied Ecology and Environmental Research, 17(4), 10105-10117. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1704_1010510117

Bates, L. S., Waldren, R. A., & Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and soil, 39, 205-207.

Casini, P. 2019. Seed yield of two new quinoas (*Chenopodium quinoa* Willd.) breeding lines as affected by sowing date in Central Italy. Acta Agriculturae Slovenica, 113(1), 51-62. https://doi.org/10.14720/aas.2019.113.1.05

Castro-Alba, V., Lazarte, C. E., Perez-Rea, D., Carlsson, N. G., Almgren, A., Bergenståhl, B., & Granfeldt, Y. 2019. Fermentation of pseudocereals quinoa, canihua, and amaranth to improve mineral accessibility through degradation of phytate. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99(11), 5239-5248. https://doi.org/10.1002/jsfa.9793

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. & Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 28(3), 350-356. https://doi.org/10.1021/ac60111a017

Fang, S., Gao, K., Hu, W., Wang, S., Chen, B., & Zhou, Z. 2019. Foliar and seed application of plant growth regulators affects cotton yield by altering leaf physiology and floral bud carbohydrate accumulation. Field Crop Res, 231, 105-114.

Fathi, A., & Kardoni, F. 2020. The importance of Quinoa (*Quinoa Chenopodium* Willd.) cultivation in developing countries: a review. Cercetări Agronomice în Moldova, 3 (183), 337-356. DOI: 10.46909/cerce-2020-030

Fazeli, F., Akbari, G., Akbari, G. A., Naderi Arefi, A., & Benakashani, F. 2021. Response of different quinoa (*Quinoa Chenopodium* Willd.) genotypes to planting date in terms of morphological traits, yield and yield components in Garmsar region. Iranian Journal of Field Crop Science, 52(2), 41-49. doi: 10.22059/ijfcs.2020.303866.654725

Golabi, M., Lak, S., Gilani, A., Fazel, M. A., & Egdernezhad, A. 2022. Growth index, yield and yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivars affected by date and method of planting at Ahvaz Region. DOI:10.30495/JCEP.202201911931.1721

Hamza, A., Usman, K., Malik, M. W. I., Saad, M., Ghulam, S., Khan, Z., & Ullah, A. 2022. Response of quinoa genotypes to sowing dates and sowing methods under agroclimatic condition of Dera Ismail Khan, KP Pakistan. Archives of Agronomy and Soil Science, 68(13), 1903-1913. https://doi.org/10.1080/03650340.2021.1939018

Hosseini, S. H., rahemi, A., Biabani, A., Nakhzari moghaddam, A., & Taliey, F. 2021. Effect of sowing date on phonological stage, morphological characteristics, yield and yield Components of Quinoa (Chenopodium Quinoa L.). Journal of Crop Production, 14(2), 17-32. doi: 10.22069/ejcp.2021.17388.2287

Jacobsen, S. E., Monteros, C., Christiansen, J. L., Bravo, L. A., Corcuera, L. J., & Mujica, A. 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. European Journal of Agronomy, 22(2), 131-139. https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.01.003

Janni, Y. D., Jadhav, D. B., Madhu, S., & Kumar, S. P. 2023. Response of different varieties, planting density and sowing window on field crops: A review. Pharma Innovation, 12(4):2624-2630. www.thepharmajournal.com

Katsunori, I., Hikaru, S., Daisuke, O., Yudai, M., Hiroki, H., Misa, M., & Toichi, T. 2016. Effects of sowing time on the seed yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in South Kanto, Japan. Agricultural Sciences, 7, 146-153.

Khanalizadegan A, Madandoust M, Mohajeri F, Bagheri M. 2020. Effects of planting date on yield characteristics of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.). Int. J. Pharm. Phytopharmacol. Research, 10(1), 290-298. DOI: 10.51847/SZPYBiuuMD

Lazaridi, E., Papadopoulos, G. K., & Bebeli, P. J. 2020. Andean lupin phenology and agronomic performance under different planting dates in a Mediterranean climate. Agronomy, 10, 3-20. https://doi.org/10.3390/agronomy10122020

Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In Methods in enzymology, 148, 350-382. https://doi.org/10.1016/0076-6879 (87)48036-1

Liu, C., Liu, Y., Lu, Y., Liao, Y., Nie, J., Yuan, X., & Chen, F. 2019. Use of a leaf chlorophyll content index to improve the prediction of above-ground biomass and productivity. PeerJ, 6, e6240. https://doi.org/10.7717/peerj.6240

Najafinezhad, H., Koohi, N., & Darvishi, D. 2022. Evaluation of grain yield and quality of quinoa cultivars as affected by planting date and plant density in Jupar region of kerman. Iranian Journal of Field Crop Science, 53(1), 113-129. doi: 10.22059/ijfcs.2021.311672.654761

Najafinezhad, H., Shakeri, P., & Amirpour Robat, M. 2021. Effect of Planting Date and Plant Density on Forage Yield and Quality of Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) Varieties in Cold Temperate Region of Kerman Province in Iran. Seed and Plant Journal, 36(4), 439-460. doi: 10.22092/sppi.2021.123894

Nazeri, P., Shirani Rad, A. H., Valadabadi, S. A., Mirakhori, M., & Hadidi Masoule, E. 2019. The Effect of Planting Date and Late Season Drought Stress on Eco-Physiological Characteristics of the New Varieties of Canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agroecology, 11(1), 261-276. doi: 10.22067/jag. v11i1.67311

Öktem, A., Öktem, A. G., & Birden, Ö. F. 2021. Impact of sowing dates on forage value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under semi-arid conditions. International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research, 5, 171-182. https://doi.org/10.29329/ijiaar.2021.358.2

Oulmi, A., Frih, B., Guendouz, A., & Benkadja, S. 2022. Effect of sowing date on grain yield, its components and some morpho-phenological traits of durum wheat (*Triticum durum* desf.) in semi-arid zone in Algeria. International Journal of Bio-resource and Stress Management, *13*(3), 226-234. DOI: 10.23910/1.2022.2803

Rabbani, S. B., Karimi, G., Khoramivafa, M., Saeidi, M., Boroomandan, P., Bagheri, M., & Zarei, L. 2022. Effect of sowing date and plant density on seed yield and yield attributes of quinoa (*Chenopodium quinoa*) genotypes. Iran Agricultural Research, 40(2). DOI: 10.22099/IAR.2022.42563.1475

Rahnama, A. A. 2011. The effect of planting date on yield and yield components of two canola cultivars in Khuzestan region. Crop Ecology (Modern Agricultural Science), 6(20), 13-22. SID. https://sid.ir/paper/463322/fa

Ramesh, K. 2016. Evaluatıon of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) at Different Dates of Sowing and Varied Crop Geometry in Semi-Arid Regions of Telangana. College of Agrıculture Rajendranagar, Hyderabad-500, 30.

Salehi, M., Soltani, V., & Dehghani, F. 2019. Effect of sowing date on phenologic stages and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under saline condition. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12(3), 923-932. doi: 10.22077/escs.2019.1514.1341

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 Crops Research, 33(1), 82-104. https://doi.org/10.22092/aj.2020.125793.1392

Sief, A. S., El-Deepah, H. R. A., Kamel, A. S. M., & Ibrahim, J. F. 2015. Effect of various inter and intra spaces on the yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Plant Production, 6(3), 371-383. DOI: 10.21608/jpp.2015.49331

Souri Laki, E., Rabiei, B., Jokarfard, V., Marashi, H., & Börner, A. 2022. Evaluation of important agronomic traits related to yield and identification of superior quinoa genotypes. Cereal Research, 12(1), 99-114. doi: 10.22124/cr.2023.23299.1745

Singh, Y. P., Singh, S., Dhangrah, V. K., & Mishra, T. 2021. Effects of Sowing Dates on Yield and Yield Components of Different Varieties of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Western Uttar Pradesh. International Journal of Economic Plants, 8(4), 188-192. DOI: 10.23910/2/2021.0415h

Taaime, N., El Mejahed, K., Moussafir, M., Bouabid, R., Oukarroum, A., Choukr-Allah, R., & El Gharous, M. 2022. Early sowing of quinoa cultivars, benefits from rainy season and enhances quinoa development, growth, and yield under arid condition in Morocco. Sustainability, 14(7), 4010. https://doi.org/10.3390/su14074010

Taosi, M.; Lotfa Ali Aine, G.H. 2016. Quinoa cultivation and related research results. Publication of agricultural education. First Edition. pp. 1-32.