

بررسی اثر فاصله کاشت بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد و کیفیت دانه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)

محمود اسلامی^{۱*}، هادی سالک معراجی^۱، داود جمشیدی^۱، آرام تقوی^۲، ایران آدینه‌وند^۲

۱- گروه علوم کشاورزی، دانشکده باهتر پاکدشت، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران
۲- دانشجوی سابق کارشناسی، تولید و بهره برداری گیاهان دارویی و معطر، گروه علوم کشاورزی، دانشکده شریعتی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

* مسئول مکاتبه: meslami@tvu.ac.ir

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.403211.1349

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰

چکیده

به منظور بررسی اثر فاصله کاشت بوته بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی دانه کینوا، پژوهشی در سال زراعی ۱۴۰۱ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی پسران پاکدشت استان تهران اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل پنج فاصله مختلف بوته (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر) روی ردیف‌های ثابت (۵۰ سانتی‌متر) (۵۰ × ۵۰) × ۱۰، ۲۰ × ۵۰، ۳۰ × ۵۰، ۴۰ × ۵۰ و ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر) بود. کمترین وزن هزار دانه (۲/۰۵ گرم) و شاخص برداشت (۲۸/۵ درصد) در فاصله کشت ۱۰ × ۵۰ سانتی‌متر مشاهده گردید. بالاترین سطح برگ (۹۰۳/۵ سانتی‌متر مربع در بوته)، تعداد شاخه جانبی (۱۸ عدد)، طول خوشه اصلی (۳۷/۳ سانتی‌متر) نیز در فاصله کشت ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر مشاهده شد. کمترین و بیشترین عملکرد دانه به ترتیب با ۳۴۸/۳ و ۳۹۴ گرم در متر مربع به ترتیب در فواصل کشت ۱۰ × ۵۰ و ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر حاصل شد. بالاترین درصد پروتئین و نشاسته دانه به ترتیب با ۱۹/۱ و ۷۱/۶ درصد در بیشترین فاصله بین بوته‌ها (۵۰ سانتی‌متر) مشاهده شد. محتوای فسفر و پتاسیم دانه (۳۹۵/۴ و ۸۹۷/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک دانه) نیز در فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر و یکسان بودن اغلب صفات اندازه‌گیری شده بین فواصل کشت ۵۰ × ۵۰ و ۴۰ × ۵۰ سانتی‌متر، پیشنهاد می‌گردد که در شرایط آبیاری قطره‌ای با نوار تیپ، فاصله کشت ۴۰ × ۵۰ سانتی‌متر مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: درصد نشاسته، درصد پروتئین، سطح برگ، شاخص برداشت، عملکرد دانه، غلظت فسفر

مقدمه

اکوادور، کلمبیا و شیلی است (Fuentes et al., 2009). ارتفاع بوته کینوا با توجه به رقم و شرایط محیطی از ۴۵ سانتی‌متر تا بیش از چهار متر متفاوت بوده، همچنین دارای برگ‌های پهن با آرایش متناوب روی ساقه می‌باشد (Singh, 2019). دوره رشدی ارقام مختلف کینوا بین ۹۰ تا ۱۲۵ روز و دارای ژنوتیپ‌های حساس به طول روز و روز خنثی است (Singh, 2019).

افزایش عملکرد در واحد سطح یکی از مهمترین عوامل بالا بردن تولید می‌باشد. عوامل متعددی در افزایش کمیت و کیفیت گیاهان دخیل بوده که از جمله عوامل زراعی می‌توان به الگوی کاشت و تراکم بوته در واحد سطح اشاره کرد. از آن‌جا که دسترسی منابع مورد نیاز گیاه مانند نور، آب و عناصر غذایی ارتباط زیادی با تراکم کشت دارد، لذا تنظیم تراکم کشت به منظور استفاده مطلوب گیاه از منابع مورد نیاز خود جهت رشد

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) یکی از مغذی‌ترین گیاهان دانه‌ای بوده (Ruiz et al., 2014) که به علت ویژگی‌های منحصر به فرد تغذیه‌ای می‌تواند نقش مهمی در تغذیه انسان و دام داشته باشد (Stikic et al., 2012). دانه کینوا منبع عالی از عناصر معدنی مانند منگنز، آهن، پتاسیم، مس، روی و فسفر بوده و حاوی ویتامین‌های گروه ب از جمله ریبوفلاوین، تیامین و نیاسین است (Khalili et al., 2019). میزان اسید آمینه‌های لیزین، متیونین و سیستئین در پروتئین کینوا بالا است، به نحوی که این گیاه را نسبت به غلات (لیزین) و حبوبات (متیونین و سیستئین) برتری داده است (Abugoch et al., 2009).

کینوا گیاهی یک‌ساله، پهن برگ، سه کرنبه (González et al., 2015)، بومی منطقه کوه‌های آند مانند پرو، بولیوی،

و نمو، بسیار حائز اهمیت است (Fathi, 2010).

با توجه به خصوصیات گیاه‌شناسی و ظاهری کینوا، تعیین تراکم مطلوب کشت یکی از مهمترین عوامل مؤثر در دستیابی به عملکرد مطلوب گیاه محسوب می‌گردد. پژوهش‌های متعددی در رابطه با تراکم مطلوب بوته کینوا در واحد سطح در مناطق مختلف انجام شده است. در پژوهشی، گزارش شده است که تراکم کاشت (۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ بوته در متر مربع) بر ارتفاع بوته کینوا اثرگذار نبود ولی وزن خشک بوته، عملکرد زیست‌توده، تعداد شاخه جانبی، تعداد خوشه در بوته، طول خوشه، تعداد دانه در گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت (Samadzadeh et al., 2020). در پژوهش دیگری گزارش گردیده که تراکم کاشت (۲۰، ۳۰ و ۴۰ بوته در متر مربع) تأثیری بر ارتفاع بوته و درصد نیتروژن دانه کینوا نداشت ولی بر عملکرد دانه و سطح برگ اثرگذار بود (Wang et al., 2020). گزارش شده است که تراکم‌های مختلف بوته بر ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و وزن هزار دانه کینوا اثر معنی‌داری داشت ولی بر درصد پروتئین دانه اثر گذار نبود (Asher et al., 2022). با افزایش تراکم بوته ارتفاع بوته کاهش یافت ولی عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و وزن هزار دانه تحت تأثیر تراکم قرار نگرفت (Spehar and Rocha, 2009). در پژوهشی، گزارش گردیده که تراکم بوته بر وزن هزار دانه، طول خوشه و عملکرد دانه کینوا اثرگذار بود (de Oliveira Filho et al., 2021). ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، طول خوشه، عملکرد دانه و شاخص برداشت کینوا تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت (Zulkadir, 2021). در آزمایشی، اثر چهار تراکم بوته (۶، ۸، ۱۰ و ۱۴ بوته در متر مربع) کینوا را بررسی و گزارش کردند که تراکم بر ارتفاع بوته، درصد چربی، درصد فیبر و نشاسته اثر معنی‌داری نداشت ولی بر طول خوشه، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد پروتئین و خاکستر دانه اثر گذار بود (Van Minh et al., 2020). در پژوهش دیگر گزارش شده که عملکرد دانه، درصد کربوهیدرات دانه، وزن هزار دانه، درصد رطوبت، پروتئین خاکستر، منیزیم و کلسیم دانه تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفت ولی بر درصد فیبر، فسفر، پتاسیم، روی و آهن دانه اثرگذار نبود (Eisa et al., 2018).

نتایج گزارش شده در سایر پژوهش‌ها نیز بیانگر تأثیر تراکم

بوته بر صفات مختلف مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و زراعی کینوا بوده (Rabbani et al., 2022; Karami et al., 2020; Najafinezhad et al., 2022; Vahedi et al., 2022; Lu et al., 2020; Al Jbawi et al., 2022) که عواملی مانند شرایط آب و هوایی، هدف از کاشت، رقم و دیگر عوامل بر تراکم مورد نظر اثرگذار است. بر همین اساس پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تراکم مختلف کاشت بر صفات مختلف کینوا (رقم Giza 1) در منطقه پاکدشت استان تهران طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تراکم کاشت بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین خصوصیات کیفی دانه کینوا پژوهشی در سال ۱۴۰۱ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی پسران پاکدشت استان تهران اجرا گردید.

تیمارهای آزمایش شامل پنج فاصله کشت ۵۰×۵۰ ، ۱۰×۵۰ ، ۲۰×۵۰ ، ۳۰×۵۰ و ۵۰×۵۰ روی ردیف و بین ردیف‌ها بود. به‌همین منظور ابتدا در اسفند ماه سال ۱۴۰۰، زمین مورد نظر با گاواهن برگردان‌دار به عمق حدود ۳۵ سانتی‌متر شخم زده شد. سپس خاک زمین مورد نظر کلوخ‌شکنی و تسطیح گردید. در فروردین سال ۱۴۰۱ کرت‌بندی بر اساس طرح مورد نظر انجام و لوله‌های آبیاری و نوار تیپ در زمین جای‌گذاری شد. طول هر کرت دو متر، فاصله بین تیمارها و تکرارها نیز به ترتیب یک و دو متر در نظر گرفته شد. محل اجرای آزمایش، شهرستان پاکدشت استان تهران با طول جغرافیایی $۵۱/۴۰$ درجه و عرض $۲۸/۳۵$ بود. میانگین بارندگی سالیانه در این شهرستان $۱۵۹/۸$ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت آن $۱۶/۸$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زمین اجرای آزمایش نیز در جدول ۱ آورده شده است. جهت تعیین تراکم بوته در واحد سطح، فاصله بین ردیف‌های کشت به علت امکان انجام آبیاری قطره‌ای با نوار تیپ، ۵۰ سانتی‌متر به‌طور ثابت در نظر گرفته شد ولی فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کشت متغیر (۱۰ ، ۲۰ ، ۳۰ ، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر) بود. پس از آماده شدن زمین، بذرها به صورت کپه‌ای (۵-۷ بذر) در فواصل مورد نظر کشت و بلافاصله به صورت قطره‌ای آبیاری گردید. فواصل آبیاری هر پنج روز یکبار انجام

به‌دست آمده در پژوهش حاضر می‌باشد. در پژوهش‌های دیگری گزارش شده که تراکم بوته بر ارتفاع بوته کینوا اثرگذار بوده و با کاهش تراکم، ارتفاع بوته افزایش یافت (Asher *et al.*, 2022; Spehar and Rocha, 2009; de Oliveira Filho *et al.*, 2021). در پژوهش دیگری نیز گزارش شده است که بیشترین ارتفاع بوته در فاصله کشت 10×30 سانتی‌متر مشاهده شد (Al Jbawi *et al.*, 2022) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

به‌دست آمده در پژوهش حاضر می‌باشد. در پژوهش‌های دیگری گزارش شده که تراکم بوته بر ارتفاع بوته کینوا اثرگذار بوده و با کاهش تراکم، ارتفاع بوته افزایش یافت (Asher *et al.*, 2022; Spehar and Rocha, 2009; de Oliveira Filho *et al.*, 2021). در پژوهش دیگری نیز گزارش شده است که بیشترین ارتفاع بوته در فاصله کشت 10×30 سانتی‌متر مشاهده شد (Al Jbawi *et al.*, 2022) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

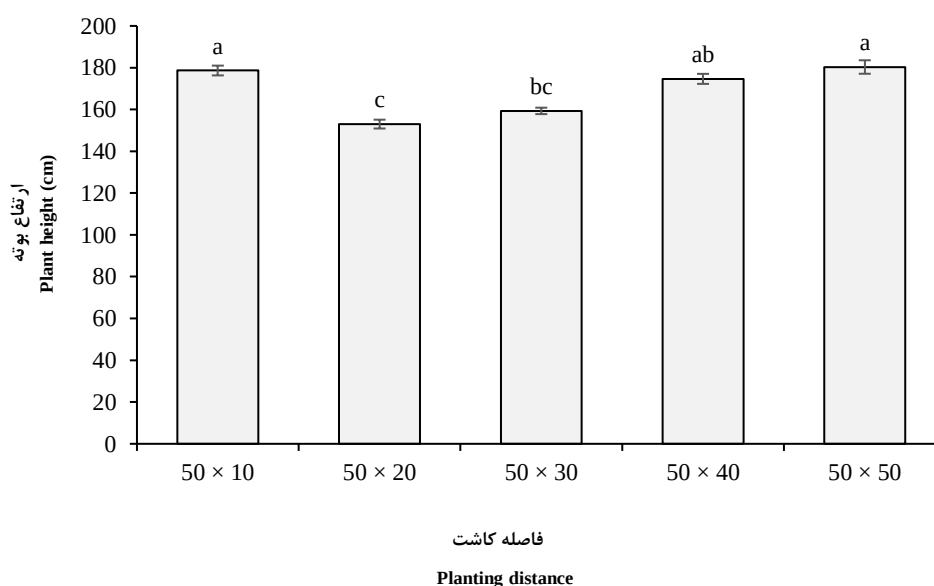
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر فاصله کشت بر خصوصیات مورفولوژیکی کینوا (رقم 1 Giza)

Table 2- Analysis of variance effect of planting distance on morphological traits of quinoa (cv. Giza 1)

منابع تغییرات Source of variations (S.O.V)	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	سطح برگ بوته Leaf area per plant	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branch	طول خوشه اصلی Length of main panicle
بلوک Block	2	31.20 ^{ns}	11.66 ^{ns}	4.06 ^{ns}	2.21 ^{ns}
فاصله کشت Planting distance	4	452.43 ^{**}	167.6 [*]	43.90 ^{**}	70.08 [*]
خطای آزمایشی Error	8	75.03	41.5	2.15	12.44
ضریب تغییرات C.V (%)	--	5.11	9.98	11.22	10.96

ns و **, * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری.

*, **, and ns represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively.



شکل ۱- تأثیر فاصله کاشت بر ارتفاع بوته کینوا (رقم 1 Giza)

Figure 1- The effect of planting distance on plant height of quinoa (cv. Giza 1)

در تیمارهای ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر فاصله روی ردیف مشاهده گردید (جدول ۳). نتایج نشان داد که با افزایش فاصله بوته روی ردیف، سطح برگ گیاه افزایش می‌یابد که احتمالاً به علت دسترسی بیشتر گیاه به منابعی مانند آب، عناصر غذایی و نور می‌تواند باشد که در نتیجه آن، تولیدات فتوسنتزی افزایش و به

سطح برگ بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار (P ≤ ۰/۰۱) فاصله بوته بر سطح برگ بود (جدول ۲). بالاترین سطح برگ با $90.3/5$ سانتی‌متر مربع در تیمار 50×50 سانتی‌متر مشاهده گردید (جدول ۳). کمترین سطح برگ نیز

نیز اتفاق می‌افتد. در پژوهشی گزارش شده است که شاخص سطح برگ با افزایش تراکم افزایش می‌یابد (Wang *et al.*, 2020) که مغایر با پژوهش حاضر است. افزایش شاخص سطح برگ با افزایش تراکم بوته، در پژوهش‌های دیگری نیز گزارش شده (Karami *et al.*, 2020; Vahedi *et al.*, 2022) که با نتایج پژوهش حاضر مغایرت دارد.

تبع آن نیز رشد گیاه بالاتر می‌رود. همچنین دلیل افزایش سطح برگ را می‌توان به افزایش تعداد شاخه‌های جانبی نسبت داد. به عبارت دیگر، دلیل کاهش سطح برگ گیاه با کاهش تراکم بوته روی ردیف کاشت را می‌توان این گونه توجیه نمود که با افزایش تراکم کاشت، رقابت بین بوته‌ها افزایش یافته، در نتیجه به علت کاهش دسترسی به منابع رشد، سطح و تعداد برگ تولیدی کاهش می‌یابد. همچنین در تراکم‌های بالا ریزش برگ‌های گیاه

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر فاصله کاشت بر خصوصیات مورفولوژیکی کینوا (رقم 1 Giza)

Table 3- Mean comparisons effect of planting distance on morphological traits of quinoa (cv. Giza 1)

فاصله کاشت Planting distance (cm)	سطح برگ Leaf area (cm ² per plant)	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branch	طول خوشه اصلی Length of main panicle (cm)
10 × 50	509.14c	8.6c	28.16b
20 × 50	510.20c	11.6b	30b
30 × 50	716.85b	11bc	31ab
40 × 50	703b	16a	34.33ab
50 × 50	903.53a	18a	37.33a

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

معنی‌دار ($P \leq 0.05$) فاصله کاشت بر صفت طول خوشه اصلی بود (جدول ۲). بیشترین طول خوشه اصلی با ۳۷/۳ سانتی‌متر در تیمار ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر و کمترین طول خوشه (۲۸/۱) نیز در تیمار ۱۰ × ۵۰ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۳). با کاهش فاصله بوته‌ها روی ردیف، از طول خوشه اصلی کاسته شد. دلیل کاهش طول خوشه اصلی با کاهش فاصله کشت روی ردیف را می‌توان به رقابت ایجاد شده بین بوته‌ها جهت دریافت آب، عناصر غذایی و همچنین نور ارتباط داد. کاهش طول خوشه اصلی با افزایش تراکم بوته در واحد سطح در دیگر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (de Samadzadeh *et al.*, 2020; Oliveira Filho *et al.*, 2021; Van Minh *et al.*, 2020) که با نتایج به‌دست آمده این پژوهش مطابقت دارد. هر چند، در پژوهش‌های مختلفی گزارش شده است که در تراکم‌های بالا، طول خوشه افزایش می‌یابد (Rabbani *et al.*, 2022; Zulkadir, 2021) که بر خلاف نتایج پژوهش حاضر است.

تعداد شاخه جانبی

صفت تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر فواصل کاشت قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین شاخه جانبی (۱۸ عدد) در تیمار ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر مشاهده گردید که با تیمار ۴۰ × ۵۰ سانتی‌متر از نظر آماری یکسان بود (جدول ۳). کمترین تعداد شاخه جانبی نیز با ۸/۶ عدد در تیمار ۵۰ × ۱۰ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۳). با افزایش تراکم تعداد شاخه جانبی در گیاه کاهش یافت که می‌تواند به دلیل رقابت ایجاد شده در تراکم‌های بالاتر باشد که با کاهش فضای اختصاص یافته به هر بوته، تعداد شاخه جانبی نیز کاهش می‌یابد (Karami *et al.*, 2020). کاهش تعداد شاخه با افزایش تراکم کشت کینوا در آزمایش‌های متعددی گزارش شده است (Karami *et al.*, 2020; Najafinezhad *et al.*, 2022; Vahedi *et al.*, 2022; Samadzadeh *et al.*, 2020) که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد.

وزن هزار دانه

صفت وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر

طول خوشه اصلی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش بیانگر تأثیر

رقابت درون گونه‌ای کاهش و مواد فتوسنتزی بیشتری به هر دانه در اختصاص یافته و اثر خود را با افزایش وزن هزار دانه نشان می‌دهد (Vahedi et al., 2022). پژوهش‌های متعدد انجام شده بیانگر تأثیر تراکم بوته بر وزن هزار دانه کینوا می‌باشد. در برخی پژوهش‌ها گزارش شده که با کاهش تراکم بوته در واحد سطح، وزن هزار دانه افزایش می‌یابد (Samadzadeh et al., 2020; Rabbani et al., 2022; Karami et al., 2020; Asher et al., 2022; Van Minh et al., 2020; de Oliveira Filho et al., 2021; Eisa et al., 2018) که با پژوهش حاضر در یک راستا می‌باشد. هر چند در پژوهشی، گزارش شده است که با افزایش تراکم، وزن هزار دانه نیز افزایش می‌یابد (Zulkadir, 2021). در پژوهش دیگری گزارش شده که تراکم بوته بر وزن هزار دانه کینوا اثرگذار نبود (Spehar and Rocha, 2009) که مغایر با یافته‌های پژوهش حاضر است.

فاصله کشت بوته روی ردیف قرار داشت (جدول ۴). فواصل کشت ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر روی ردیف، از نظر وزن هزار دانه تفاوتی با یکدیگر نداشتند و بیشترین وزن هزار دانه را دارا بودند (جدول ۵). کمترین وزن هزار دانه نیز با ۲/۰۵ گرم در تیمار ۵۰ × ۱۰ سانتی‌متر مشاهده گردید که از نظر آمار با تیمار ۵۰ × ۲۰ سانتی‌متر (۲/۲۱ گرم) مشابه بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد که با کاهش فاصله کشت بوته‌ها روی ردیف، به علت وجود رقابت بین بوته‌ها جهت جذب منابع (آب، عناصر غذایی و نور)، میزان تولیدات فتوسنتزی کاهش یافته، در نتیجه سهم انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده به هر دانه نیز کاهش می‌یابد در نتیجه وزن دانه‌ها کمتر خواهد شد. همچنین ممکن است، با افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد دانه تولیدی در واحد سطح نیز افزایش یافته، در نتیجه قابلیت دسترسی به مواد فتوسنتزی برای هر دانه کاهش و به تبع آن وزن هزار دانه نیز کاهش می‌یابد (Karami et al., 2020). در تراکم پایین بوته،

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تأثیر فاصله کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا (رقم ۱ Giza)

Table 4- Analysis of variance effect of planting distance on yield and yield components of quinoa (cv. Giza 1)

منابع تغییرات Source of variations (S.O.V)	درجه آزادی d.f	وزن هزار دانه Weight of thousand grain	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.0073 ^{ns}	5044.34 ^{ns}	7016.49 ^{ns}	27.47 ^{ns}
فاصله کشت Planting distance	4	1.10 ^{**}	1000289.91 ^{**}	58678.11 ^{**}	18.02 ^{**}
خطای آزمایشی Error	8	0.098	15373.29	858.19	4.32
ضریب تغییرات (C.V %)	--	11.34	8.74	6.55	6.43

ns و ** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری.

ns, **, and * represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین تأثیر فاصله کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد کینوا (رقم ۱ Giza)

Table 5- Mean comparisons effect of planting distance on yield and yield components of quinoa (cv. Giza 1).

فاصله کاشت Planting distance (cm)	وزن هزار دانه Weight of thousand grain (g)	عملکرد زیست‌توده Biological yield (g.m ⁻²)	شاخص برداشت Harvest index (%)
10 × 50	2.05b	2434a	28.53b
20 × 50	2.21b	1261.5b	32.46ab
30 × 50	2.94a	1247.9b	3166ab
40 × 50	3.12a	1148.4bc	33.89a
50 × 50	3.48a	999.3c	34.91a

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

فاصله کاشت بر عملکرد زیست‌توده بود (جدول ۴). بیشترین

عملکرد زیست‌توده

عملکرد زیست‌توده (۲۴۳۴ گرم در متر مربع) در تیمار ۵۰ ×

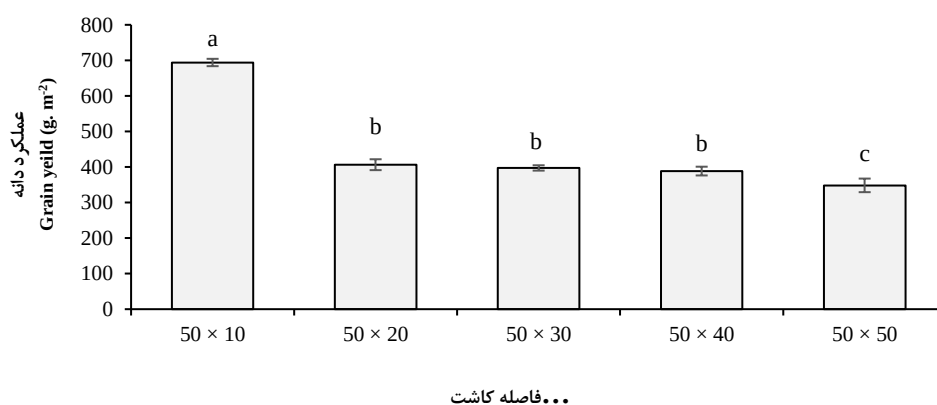
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$)

بیشترین و کمترین عملکرد دانه با ۶۹۴ و ۳۴۸/۳ گرم در متر مربع به ترتیب در تیمار ۱۰ × ۵۰ و ۵۰ × ۵۰ سانتی متر مشاهده گردید (شکل ۲). درحالی که در بین سایر تیمارها، تفاوت معنی داری از نظر عملکرد دانه وجود نداشت (شکل ۲). به نظر می رسد خوشه اصلی در کینوا بالاترین تأثیر را در تعیین عملکرد داشته و هر چه تعداد خوشه اصلی در واحد سطح بالاتر باشد؛ عملکرد بالاتر خواهد بود. در تراکم های کمتر، تعداد شاخه های جانبی و خوشه فرعی تک بوته افزایش یافته به همین دلیل گیاه نمی تواند عملکرد ناشی از تعداد بوته را با تولید خوشه های فرعی جبران نماید. در پژوهش مشابه انجام شده در سوریه، گزارش شده که بالاترین عملکرد دانه کینوا در فاصله کاشت ۱۰ × ۵۰ سانتی متر مشاهده گردید (Al Jbawi et al., 2022). بالا بودن عملکرد دانه در تراکم های بالای بوته توسط پژوهش های متعدد گزارش گردیده است (Samadzadeh et al., 2020; Rabbani et al., 2022; Karami et al., 2020; Zulkadir, 2021; Eisa et al., 2018). هر چند در پژوهشی گزارش شده است که در تراکم پایین بوته، بیشترین عملکرد دانه کینوا حاصل شد (Wang et al., 2020) که بر خلاف نتایج پژوهش حاضر است.

۱۰ سانتی متر و کمترین آن با ۹۹۹/۳ گرم در متر مربع در تیمار ۵۰ × ۵۰ سانتی متر مشاهده گردید که با تیمار ۴۰ × ۵۰ سانتی متر تفاوت معنی داری از نظر آماری نداشت (جدول ۵). افزایش عملکرد زیست توده با افزایش تراکم بوته در واحد سطح در پژوهش های متعددی گزارش شده است (Samadzadeh et al., 2020; Rabbani et al., 2022; Karami et al., 2020; Asher et al., 2022; Al Jbawi et al., 2022) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشته و دلیل افزایش زیست توده در تراکم های بالا را به بالا بودن تعداد بوته در واحد سطح نسبت می دهند. از آن جا که در تراکم های بالا از تعداد شاخه های فرعی کاسته می گردد، به نظر می رسد که وزن ساقه اصلی به علت محوری بودن، وزن بالاتری داشته و هر چه تعداد ساقه اصلی در واحد سطح بالاتر باشد عملکرد زیست توده نیز بالاتر می رود. در پژوهشی دیگر گزارش شده که عملکرد زیست توده با تغییر تراکم کاشت کینوا تغییری پیدا نکرد (Spehar and Rocha, 2009) که مغایر با پژوهش حاضر است.

عملکرد دانه

فاصله کاشت بوته روی ردیف بر عملکرد دانه کینوا اثر معنی داری ($P \leq 0.01$) داشت (جدول ۴). با کاهش فاصله کاشت بوته ها از یکدیگر، عملکرد دانه افزایش یافت به طوری که



شکل ۲- تأثیر فاصله کاشت بر عملکرد دانه کینوا (رقم 1 Giza)

Figure 2- The effect of planting distance on grain yield of quinoa (cv. Giza 1)

ردیف قرار داشت (جدول ۴). پایین ترین شاخص برداشت با ۲۸/۵ درصد در تیمار ۱۰ × ۵۰ سانتی متر قرار گرفت در حالی که شاخص برداشت در سایر تیمارها از نظر آماری مشابه بود

شاخص برداشت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده ها، شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر فواصل کشت مختلف روی

(جدول ۵). شاخص برداشت، نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیست توده گیاه بوده و در طول فصل رشد تحت تأثیر تاریخ کاشت، تراکم گیاه، میزان آب و عناصر غذایی در دسترس گیاه قرار می گیرد (Kadam et al., 2018). کاهش شاخص برداشت تحت تأثیر تراکم بالا در پژوهش های دیگری نیز گزارش شده است (Rabbani et al., 2022; Zulkadir, 2021) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. گزارش شده که شاخص برداشت تحت تأثیر تراکم کاشت قرار نگرفت (Spehar and Rocha, 2009) که با نتایج پژوهش حاضر در تضاد بود.

درصد پروتئین

درصد پروتئین دانه کینوا به طور معنی داری ($P \leq 0.01$) تحت تأثیر فواصل کشت قرار گرفت (جدول ۶). بالاترین غلظت

پروتئین دانه با ۱۹/۱ درصد در تیمار 50×50 سانتی متر مشاهده شد و بین سایر تیمارها تفاوت معنی داری از این نظر مشاهده نگردید (شکل ۳). افزایش پروتئین دانه با کاهش تراکم در پژوهش های متعددی گزارش گردیده است (Najafinezhad et al., 2022; Van Minh et al., 2020). ذخیره پروتئین در دانه، معمولاً زودتر از ذخیره کربوهیدرات آغاز می گردد. دلیل افزایش پروتئین در تراکم های پایین را می توان به در دسترس بودن منابع کافی از جمله نیتروژن نسبت داد که سبب افزایش ساخت پروتئین دانه گردیده است. در پژوهشی، گزارش شده است که تراکم کاشت بر درصد پروتئین دانه کینوا اثرگذار نبود (Eisa et al., 2018; Asher et al., 2022) که با نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر مغایرت داشت.

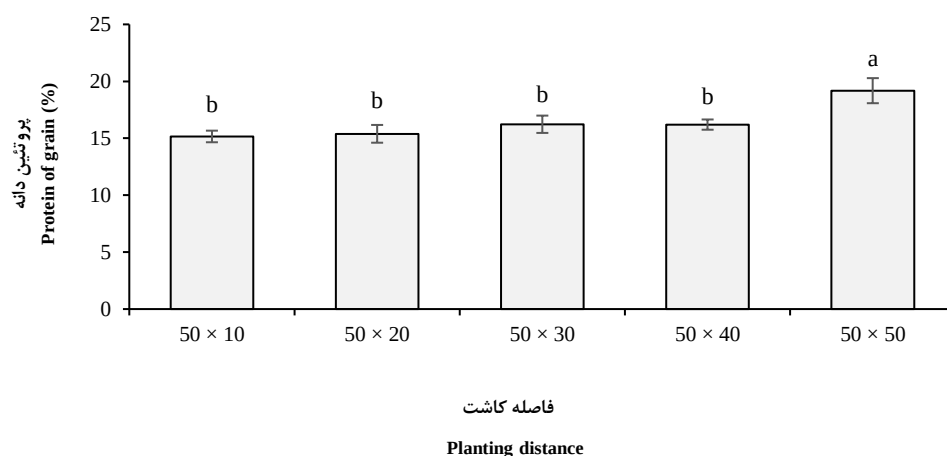
جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس تأثیر فاصله کشت بر صفات کیفی دانه کینوا (رقم 1 Giza)

Table 6- Analysis of variance effect of planting distance on quality traits of grain quinoa (cv. Giza 1)

منابع تغییرات Source of variations (S.O.V)	درجه آزادی d.f	پروتئین دانه Protein of grain	نشاسته دانه Starch of grain	فسفر دانه Phosphorus of grain	پتاسیم دانه Potassium of grain
بلوک Block	2	1.48 ^{ns}	2.86 ^{ns}	116.37 ^{ns}	30.19 ^{ns}
فاصله کشت Planting distance	4	4.40 ^{**}	55.39 ^{**}	4632.95 ^{**}	2307.95 ^{**}
خطای آزمایشی Error	8	0.61	3.96	311.50	212.74
ضریب تغییرات C.V (%)	--	4.80	3.03	5.14	1.70

*, **, و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی داری.

*, **, and ns represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively.



شکل ۳- تأثیر فاصله کاشت بر درصد پروتئین دانه کینوا (رقم 1 Giza)

Figure 3- The effect of planting distance on percentage grain protein of quinoa (cv. Giza 1)

درصد نشاسته

نتایج آنالیز داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) فاصله کشت بر درصد نشاسته دانه کینوا بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که با افزایش تراکم بوته، درصد نشاسته کاهش یافت به‌طوری‌که بالاترین درصد نشاسته (۷۱/۶ درصد) در تیمار 50×50 سانتی‌متر مشاهده گردید که با تیمار 40×50 سانتی‌متر (۶۸/۷ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت. افزایش درصد نشاسته

دانه با افزایش فواصل کشت را به بهره‌مندی بیشتر هر بوته از منابعی مانند آب، عناصر غذایی و نور می‌توان نسبت داد که سبب بالا رفتن تولیدات فتوسنتزی و در نهایت افزایش ساخت کربوهیدرات گردیده است. در رابطه با درصد نشاسته دانه کینوا و تراکم گزارش گردیده که تراکم بوته بر درصد نشاسته دانه کینوا اثرگذار نبود (Van Minh *et al.*, 2020) که بر خلاف نتایج پژوهش حاضر بود.

جدول ۷- مقایسه میانگین تأثیر فاصله کاشت بر صفات کیفی دانه کینوا (رقم ۱ Giza)

Table 7- Mean comparisons effect of planting distance on quality traits of grain quinoa (cv. Giza 1).

فاصله کاشت Planting distance (cm)	نشاسته دانه Starch of grain (%)	فسفر دانه Phosphorus of grain (mg.g DWG)	پتاسیم دانه Potassium of grain (mg.g DWG)
10 × 50	60.59c	310.44b	831.09c
20 × 50	64.74bc	309.85b	838.77c
30 × 50	63.80c	325.51b	841.06c
40 × 50	68.75ab	374a	869.67b
50 × 50	71.66a	395.45a	897.84a

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

درصد فسفر

غلظت فسفر دانه کینوا به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) تحت تأثیر فواصل کشت قرار داشت (جدول ۶). بیشترین غلظت فسفر با $395/4$ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک دانه در تیمار 50×50 سانتی‌متر مشاهده گردید که با تیمار 40×50 سانتی‌متر از نظر آماری مشابه بود (جدول ۷). غلظت فسفر دانه در بین سایر تیمارها نیز یکسان بود (جدول ۷). بالا رفتن غلظت فسفر دانه با افزایش فواصل کاشت را می‌توان به افزایش دسترسی هر بوته به آب نسبت داد چرا که فسفر عمدتاً به‌روش پخشیدگی جذب ریشه شده که با میزان آب در دسترس ارتباط دارد (Ahanger *et al.*, 2016). گزارش شده که تراکم بوته در واحد سطح بر غلظت فسفر دانه اثرگذار نبود (Rabbani Eisa *et al.*, 2018) (et al., 2022) که نتایج گزارش شده با نتایج پژوهش حاضر مغایرت دارد.

درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۶). با افزایش فاصله کشت بین بوته‌ها بر غلظت پتاسیم دانه افزوده شد، به‌طوری‌که بالاترین و پایین‌ترین غلظت پتاسیم دانه به ترتیب در بیشترین و کمترین فاصله بوته‌ها در روی ردیف حاصل شد (جدول ۷). در تیمار 50×50 سانتی‌متر با $897/8$ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک دانه، بالاترین غلظت پتاسیم دانه مشاهده گردید. فواصل کشت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر بوته روی ردیف از نظر غلظت پتاسیم دانه مشابه یکدیگر بودند (جدول ۷). گزارش شده است که تراکم بوته بر غلظت پتاسیم دانه اثرگذار نبود (Eisa *et al.*, 2018; Rabbani *et al.*, 2022) که با پژوهش حاضر همخوانی ندارد. افزایش غلظت پتاسیم دانه با کاهش تراکم کاشت را می‌توان به دسترسی بیشتر هر بوته به مقدار پتاسیم بیشتر نسبت داد که در نهایت میزان بیشتری از این عنصر در دانه‌ها انباشته گردیده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده تأثیر فاصله کشت بوته‌ها

درصد پتاسیم

فاصله کاشت بر غلظت پتاسیم دانه در سطح احتمال یک

صفات اندازه‌گیری شده بین فواصل کشت $50 \times 50 \times 50$ و 50×40 سانتی‌متر، پیشنهاد می‌گردد که در شرایط آبیاری قطره‌ای با نوار تیپ، فاصله کشت 50×40 سانتی‌متر مد نظر قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

با عنایت به این که انجام این طرح از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه فنی و حرفه‌ای کشور (به کد ۲۵/۴۰۰/۹۹/۱۱۸) تأمین گردیده است، لذا نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از مجموعه دانشگاه مذکور و دانشکده کشاورزی پسران باهنر پاکدشت به‌عمل می‌آورند.

روی ردیف بر صفات مورفولوژیکی، کیفی و عملکرد و اجزای عملکرد کینوا بود. به‌طور کلی با افزایش فاصله کشت روی ردیف، به علت دسترسی بیشتر به منابع رشد مانند نور، آب و عناصر غذایی، عملکرد تک بوته افزایش پیدا می‌کند ولی به علت تعداد محدود بوته در تیمار 50×50 سانتی‌متر، عملکرد دانه در واحد سطح کاهش می‌یابد چرا که در شرایط افزایش فاصله بین بوته‌ها، رشد شاخه‌های جانبی افزایش می‌یابد و به علت عدم هم‌زمانی رسیدن خوشه‌های فرعی، کاهش تعداد بوته در واحد سطح با تعداد خوشه جانبی جبران نخواهد شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر و یکسان بودن بسیاری از

References

- Abugoch, L., Castro, E., Tapia, C., Añón, M.C., Gajardo, P. and Villarroel, A., 2009. Stability of quinoa flour proteins (*Chenopodium quinoa* Willd.) during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(10), pp.2013-2020. doi: 10.1111/j.1365-2621.2009.02023.x
- Ahanger, M.A., MoradTalab, N., Fathi Abd-Allah, E., Ahmad, P. and Hajiboland, R., 2016. Plant growth under drought stress: significance of mineral nutrients. Water stress and crop plants: a sustainable approach, First Edition. Edited by Ahmad, P. Vol. 2, pp.649-668. doi: 10.1002/9781119054450.ch37
- Al Jbawi, E., Othman, M., Al Hunnith, T. and Abbas, F., 2022. The effect of plant density on growth and seed yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the middle region of Syria. *International Journal of Phytology Research*, 2(1), pp.19-24.
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD.
- Asher, A., Dagan, R., Galili, S. and Rubinovich, L., 2022. Effect of row spacing on quinoa (*Chenopodium quinoa*) growth, yield and grain quality under a mediterranean climate. *Agriculture*, 12(9), pp.1-12. doi: 10.3390/agriculture12091298
- De Oliveira Filho, A.F., Silva, M.N.C., Innecco, R., Bezerra, F.T.C., de Abreu, W.E. and Viana, Í.E.T., 2021. Yield and viability of quinoa seeds as affected by planting arrangement. *Comunicata Scientiae*, 12, pp.1-8. doi: 10.14295/cs.v12.3522
- Eisa, S.S., Abd El Samad, E.H., Hussin, S.A., Ali, E.A., Ebrahim, M., González, J.A., Ordano, M.A., Erazzú, L.E., El Bordeny, N.E. and Abdel-Ati, A.A., 2018. Quinoa in Egypt-plant density effects on seed yield and nutritional quality in marginal regions. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 8(2), pp.515-522.
- Fathi, G., 2010. Effects of plant density on yield and yield components of mung bean in Khoozestan growing conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(1), pp.19-27. [In Persian]. doi: 20.1001.1.20084811.1389.41.1.3.2
- Fuentes, F.F., Martinez, E.A., Hinrichsen, P.V., Jellen, E.N. and Maughan, P.J., 2009. Assessment of genetic

- diversity patterns in Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers. *Conservation Genetics*, 10(2), pp.369-377. doi: 10.1007/s10592-008-9604-3
- González, J.A., Eisa, S., Hussin, S.A.E.S. and Prado, F.E., 2015. Quinoa: an Incan crop to face global changes in agriculture. *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*, pp.1-18. doi: 10.1002/9781118628041.ch1
- Hedge, J.E., Hofreiter, B.T. and Whistler, R.L., 1962. Carbohydrate chemistry. *Academic Press, New York*, 17.
- Kadam, S.R., Bhale, V.M., Chorey, A.B. and Deshmukh, M.R., 2018. Influence of zinc and iron fortification on yield and post-harvest studies of different rice cultivars (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(1), pp.1878-1888. doi: 10.35709/ory.2023.60.2.8
- Karami, R., Farajee, H., Movahedi Dehnavi, M. and khoshroo, A., 2020. Interaction of Nitrogen and Plant Density on Growth and Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Crop Production*, 13(1), pp.111-124. [In Persian]. doi: 10.22069/ejcp.2020.17603.2296
- Khalili, S., Bastani, A., and Bagheri, M., 2019. Effect of different levels of irrigation water salinity and phosphorus on some properties of soil and quinoa plant. *Iranian Journal of Soil Research*, 33(2), pp.155-166. [In Persian]. doi: 10.22092/ijsr.2019.119757
- Kitson, R.E. and Mellon, M.G., 1944. Colorimetric determination of phosphorus as molybdivanado phosphoric acid. *Industrial and Engineering Chemistry Analytical Edition*, 16(6), pp.379-383. doi: 10.1021/i560130a017
- Lu, C., Li, Y., Cui, Q., Xiang, Y., Lv, W. and Wei, Z., 2022. Effects of Planting Density of Quinoa on Agronomic Characters and Yield in Chengde. *Meteorological and Environmental Research*, 13(5), pp.103-109. doi: 10.19547/j.issn2152-3940.2022.05.020
- Najafinezhad, H., Koochi, N. and 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), pp.113-129. [In Persian]. doi: 10.22059/ijfcs.2021.311672.654761
- Najafinezhad, H., Shakeri, P. and Amirpour Robat, M., 2021. Effect of planting Ddate 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), pp.439-460. [In Persian]. doi: 10.22092/sppi.2021.123894
- Rabbani, B., Khoramivafa, M., Saeidi, M., Bagheri, M. and Zarei, L., 2022. Study the relationship between agronomical traits and mineral elements of grain in three genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) under effect of planting date and planting density. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, 1(3), pp.390-413. [In Persian]. doi: 10.0.86.110/cbb.2022.8238.1017
- Ruiz, K., Biondi, B., Oses, S.R., Acuna-Rodriguez, I.S., Antognoni, F., Martinez-Mosqueira, E.A., Coulibaly, A., Canahua-Murillo, A., Pinto, M., Zurita-Silva, A., Bazile, D., Jacobsen, S.E. and Molina-Montenegro, M.A., 2014. Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, pp.349–359.
- Samadzadeh, A.R., Zamani, GH.R. and Fallahi, H.R., 2020. Possibility of quinoa production under South-Khorasan climatic condition as affected by planting densities and sowing dates. *Applied Research in Field Crops*, 33(1), pp.82-104. [In Persian]. doi: 10.22092/aj.2020.125793.1392

- Singh, D., 2019. Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*). Scientific Publishers. pp.258.
- Spehar, C.R. and Rocha, J.D.S., 2009. Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the Brazilian savannah highlands. *Bioscience Journal*, 25(4), pp.53-58.
- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Jacobsen, S.E. and Milovanovic, M., 2012. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*, 55, pp.132–138. **doi: 10.1016/j.jcs.2011.10.010**
- Vahedi, M.R., Tohidi Nejad, E. and Pasandi Pour, A., 2022. Evaluation of yield and yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in as affected by different planting densities. *Journal of Crop Ecophysiology*, 15(60), pp.593-608. [In Persian]. **doi: 10.30495/jcep.2022.689808**
- Van Minh, N., Hoang, D.T., Van Loc, N. and Long, N.V., 2020. Effects of plant density on growth, yield and seed quality of quinoa genotypes under rain-fed conditions on red basalt soil regions. *Australian Journal of Crop Science*, 14(12), pp.1977-1982.
- Wang, N., Wang, F., Shock, C.C., Meng, C. and Qiao, L., 2020. Effects of management practices on quinoa growth, seed yield, and quality. *Agronomy*, 10(3), pp.1-15. **doi: 10.3390/agronomy10030445**
- Zulkadir, G., 2021. The effects of various row spacing and sowing periods on the plant properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(3), pp.1857-1867. **doi: dx.doi.org/10.15666/aeer/1903.18571867**

Investigation the effect of planting distance on morphological traits, yield and yield components and quality of grain quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Mahmod Eslami^{1*}, Hadi Salek Mearaji¹, Davood Jamshidi¹, Aram Taghavi², Iran Adinevand²

¹ Department of Agricultural Science, Faculty of Bahonar Pakdasht, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

² Former B.Sc. Student, Production and Utilization of Medicinal and Aromatic Plants, Department of Agricultural Science, Faculty of Shariati, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

*Corresponding Author: meslami@tvu.ac.ir

Received: 20 June 2023

Accepted: 15 October 2023

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.403211.1349

Abstract

Introduction: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is one of the most nutritious plants which can play an important role in human and livestock nutrition due to its unique nutritional properties. Quinoa grain is an excellent source of mineral elements such as manganese, iron, potassium, copper, zinc and phosphorus, and contains group B vitamins such as riboflavin, thiamin and niacin. Determining the optimal planting density is one of the most important effete factors to achieving optimal plant performance. Since the availability of resources needed by the plant such as light, water and nutrients is closely related to the density of plants, therefore it is very important to adjust the density of cultivation in order for the plant to optimally use the resources it needs for growth and development.

Materials and Methods: This research was carried out in order to investigate the planting density on the morphological traits, yield and yield components as well as the qualitative characteristics of quinoa grain in 2022 year as a randomized complete block design with three replications in the research farm of Department of Agricultural Science, Faculty of Bahonar, Technical and Vocational University (TVU) in province of Tehran. The experimental treatments include five different plant distances (10, 20, 30, 40 and 50 cm) on fixed rows (50 cm) (10×50, 20×50, 30×50, 40×50, 50×50). Due to drip irrigation tape, the distance between the rows was fixed and 50 cm, but the distance between the plants in the cultivation rows was variable (10, 20, 30, 40 and 50 cm).

After the land was prepared, the seeds were sown in heaps (5-7 seeds) at the desired intervals and immediately irrigated as drops. Irrigation intervals were done once every five days. After the seedlings reached the stage of 4-7 leaves (height about 10-15 cm), thinning was done. In the flowering stage, two plants were taken from each plot and after separating the leaves, the leaf area was measured with the help of a scanner model leaf area meter and calculated with the help of Image J program.

The grain nitrogen percentage was measured by the Kjeldahl method. Crude protein was also calculated by multiplying nitrogen percentage by 6.25 (AOAC, 2005). The amount of grain phosphorus was measured by colorimetric method (Molybdate-vanadate), grain potassium was also measured with the help of a flame photometer, and grain starch was also measured according to the method (Hedge *et al.*, 1962). Analysis of data variance was done by SAS software (version 9.1), data comparisons were done using Duncan's multi-range test at the five percent probability level, and graphs were drawn with Excel software (2016 version).

Results and Discussion: All investigated traits were influenced by the spacing of the plants in the row. The highest plant height was observed in the treatment of 10 and 50 cm between the plants. The highest index of leaf area (903.5 square centimeters per plant), the number of side branches (18), and the length of the main cluster (37.3 cm) were observed in the 50 × 50 planting distance. The low weight of 1000 grain (2.05 g) and harvest index (28.5%) were observed in 50 × 10 treatment. The lowest and highest seed yields were obtained with 348.3 and 394 grams per square meter, respectively, in the spacing of 50 × 10 and 50 × 50, respectively. The highest percentage of seed protein and starch was observed by 19.1% and 71.6%, respectively, at the maximum distance between the plants (50

cm). The content of phosphorus and potassium of seeds (395.4 and 897.9 mg/g dry weight of grain) were also obtained at a distance of 50 cm between plants.

Conclusion: In general, according to the results obtained in the current research and the similarity of many traits measured between the 50 × 50 and 50 × 40 cm cultivation distances, it is suggested that under drip irrigation conditions with tape, the planting distance should be 50 × 40 cm.

Keywords: Grain yield, Harvest index, Leaf area, Protein percentage, Phosphorus concentration, Starch percentage