

Evaluation of grain yield and quality of quinoa cultivars as affected by planting date and plant density in Jupar region of kerman

Hamid Najafinezhad^{*1}, Nader Koohi², Davod Darvishi³

1. Agricultural and Horticultural Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran. 2- Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran. 3. Forests and Rangelands Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran.

(Received: October 12, 2020 - Accepted: January 31, 2021)

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of planting date and plant density on grain yield and quality of four quinoa cultivars (*Chenopodium quinoa* willd.), an experiment was conducted as a randomized complete block design arranged in a split factorial was used with four replications in two years (2018 & 2019) at the Agricultural Research Station located, Jupar region, Kerman, Iran. Experimental treatments consisted of planting dates (24 July, 8 August and 23 August) as main plots and cultivars (Giza1, Titicaca, Q12 and Q18) and plant density (16.6 and 33.3 plant m⁻²) as sub plots. The highest grain yield was produced at August, 8, compared to the other dates. The average grain yield of Giza1, Titicaca, Q12 and Q18 cultivars were 2484, 2239, 2547, and 2881 kg ha⁻¹, respectively. Lodging was observed in cultivar Q18 in all planting dates. Giza1 cultivar with the average of 18.23% crude protein and 94.12 mg kg⁻¹ iron had better grain quality than other cultivars. The highest and lowest harvest index (0.35 and 0.26) belonged to Q12 and Titicaca cultivars, respectively. Giza1 and Q12 cultivars were the earliest and latest cultivars with 82 and 99 days of the growing season respectively. Based on the results, Q12 cultivation on August 8 and Giza1 on August 23 with plant density of 33.3 plant m⁻² is recommended for Jupar region of Kerman.

Keywords: Planting arrangement, quinoa, seed quality, temperature, yield.

بررسی تغییرات عملکرد و کیفیت دانه ارقام کینوا تحت تاثیر تاریخ کشت و تراکم بوته در منطقه جوپار کرمان

حمید نجفی نژاد^{۱*}، نادر کوهی^۲، داود درویشی^۳

۱- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ۲- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان ۳- استادیار بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۲)

چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد و کیفیت دانه چهار رقم کینوا (*Chenopodium quinoa* willd.) تحت تاثیر تاریخ کشت و تراکم بوته، آزمایشی به صورت کرت خرد شده- فاکتوریل و در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی واقع در جوپار کرمان طی دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد. در این تحقیق، تاریخ‌های کشت دوم و اول شهریور به عنوان عامل اصلی و فاکتوریل چهار رقم Giza1، Titicaca، Q12 و Q18 و دو تراکم کشت ۱۶/۶ و ۳۳/۳ بوته در مترمربع به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. تاریخ کاشت ۱۷ مرداد نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر، بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود. متوسط عملکرد دانه ارقام Giza1، Titicaca، Q12 و Q18، به ترتیب ۲۴۸۴، ۲۲۳۹، ۲۵۴۷ و ۲۸۸۱ کیلوگرم در هکتار بود. در رقم Q18 در همه تاریخ‌های کشت، ورس مشاهده شد. رقم Giza1 با متوسط ۱۸/۲۳ درصد پروتئین خام و ۹۴/۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن در دانه نسبت به سایر ارقام، از کیفیت دانه بهتری برخوردار بود. بیشترین و کمترین شاخص برداشت با میانگین‌های ۰/۳۵ و ۰/۲۶، به ترتیب به ارقام Q12 و Titicaca تعلق داشت. ارقام Giza1 و Q12 به ترتیب با طول دوره رشد ۸۲ و ۹۹ روز، زودرس‌ترین و دیررس‌ترین ارقام بودند. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش برای منطقه جوپار کرمان، زراعت رقم Q12 در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد و رقم Giza1 در تاریخ کاشت اول شهریور و همچنین تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آرایش کشت، دما، عملکرد، کیفیت بذر، کینوا.

* Corresponding author E-mail: h.najafinezhad@areeo.ac.ir

مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) گیاهی دولپه، یکساله، آلوتتراپلوئید ($2n=4X=36$)، از خانواده *Amaranthaceae* و سه‌کربنه است که جزو شبه‌غلات دسته‌بندی می‌شود. ارتفاع گیاه از ۰/۵ تا دو متر، اندازه دانه دو میلی‌متر و طول دوره رویش گیاه بسته به رقم و اقلیم متفاوت است (Bhargava et al., 2007). طول دوره رشد کینوا تحت تاثیر طول و عرض جغرافیایی قرار می‌گیرد و بسته به شرایط اقلیمی و نوع رقم معمولاً از ۸۰ تا ۱۵۰ روز متفاوت است (Spehar & Santos, 2005). میزان پروتئین دانه این گیاه بین ۱۳/۸۱ تا ۲۱/۹ درصد متغیر است و تنها گیاهی است که کل آمینواسیدهای ضروری بدن را تأمین می‌کند. گیاه کینوا به‌عنوان خاویار گیاهی مطرح است و پروتئین آن فاقد گلوتن و برای افراد مبتلا به عارضه عدم تحمل گلوتن مناسب است و به دلیل ارزش غذایی بسیار بالای دانه، به‌وسیله سازمان خوار و بار و کشاورزی با شیر خشک مقایسه شده است (FAO, 2011). این گیاه دارای تنوع ژنتیکی بسیار زیاد است و در طیف وسیعی از خاک‌ها، اقلیم‌ها و عرض‌های جغرافیایی قابلیت کشت دارد (Jacobsen et al., 2011; Ruiz et al., 2014). کینوا گیاهی مقاوم به خشکی و شوری است که برای رشد مطلوب به هوای خنک نیاز دارد. دمای مطلوب برای رشد این گیاه ۲۰ درجه سانتی‌گراد است، ولی تحمل دمای منفی چهار تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد را دارد که البته تحمل به دمای پایین، بسته به مرحله رشد گیاه متفاوت می‌باشد. این گیاه قبل از گل‌دهی به یخ زدگی مقاومت دارد، ولی در مرحله گل‌دهی به یخ زدگی حساس است (Bhargava, 2006; FAO, 2011). کینوا گیاهی روز کوتاه و به طول روز حساس است، ولی ارقام جدیدی وجود دارد که روز خنثی هستند (Jacobsen, 2011; Ruiz et al., 2014). در ارقام روز کوتاه، در طول روز بیش از ۱۲ ساعت گل‌دهی و دانه بستن متوقف می‌شود (Bendevis et al., 2014). تاریخ کاشت یکی از عوامل مهم مدیریتی در تولید محصول است که نقش اساسی در عملکرد نهایی گیاه

ایفا می‌نماید. به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت در هر منطقه، گیاه کینوا در زمان‌های متفاوتی کشت می‌شود؛ برای مثال در آمریکای جنوبی، تاریخ کشت از اواخر مرداد تا اوایل مهر انجام می‌شود در حالی که در آمریکای مرکزی و شمالی، تاریخ کاشت کینوا در محدوده مهر لغایت آبان انجام می‌شود (Aguilar & Jacobsen, 2003). عملکرد دانه کینوا بسته به تاریخ کاشت، طول روز و دمای محیط به شدت تحت تاثیر قرار می‌گیرد. کاهش دمای محیط بعد از گل‌دهی از ۳۰ درجه سانتی‌گراد به ۲۰ درجه سانتی‌گراد و کاهش طول روز، منجر به بهبود عملکرد دانه می‌شود (Isobe et al., 2012). در آزمایشی، ارقام سجاما، سانتاماریا و سجاما-ایران‌شهر در چهار تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ مهر و ۱۰ و ۲۵ آبان در خوزستان مورد بررسی قرار گرفتند که بر اساس نتایج به دست آمده، در تاریخ کشت ۱۰ مهر ماه، بیشترین عملکرد دانه (۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (Tausi & Sepahvand, 2014). بر اساس نتایج حاصل از بررسی سازگاری و عملکرد دانه ۱۲ رقم کینوا (تاریخ کاشت ۱۹ خرداد) در منطقه شهرکرد، رقم‌های Q26 و Q29 به‌ترتیب با عملکرد ۲۲۳۷ و ۲۰۲۱ کیلوگرم دانه در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را تولید نمودند (Sepahvand, 2016). در آزمایش مقایسه عملکرد ۱۴ رقم کینوا در منطقه ایران‌شهر گزارش شد که رقم‌های Q12، Q26، Q18 و Q31 به‌ترتیب با تولید ۳۹۶۱، ۳۸۰۲، ۳۷۹۹، ۳۳۴۹ و ۳۳۸۶ کیلوگرم دانه در هکتار، بیشترین و رقم سجاما با تولید ۱۰۳۳ کیلوگرم دانه در هکتار، کمترین عملکرد دانه را داشتند (Sepahvand, 2016). تراکم مناسب کشت، نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد نهایی هر رقم دارد و بسته به نوع گیاه، رقم، حاصلخیزی خاک و شرایط اقلیمی هر منطقه متفاوت است. در ایالات متحده آمریکا، تراکم توصیه شده برای ارقام تجاری کینوا، ۱۵۰۰۰۰ بوته در هکتار (Jacobsen, 2011) است، ولی در شیلی ۲۴۰۰۰۰ بوته در هکتار و در آرژانتین ۳۳۰۰۰۰ بوته در هکتار توصیه

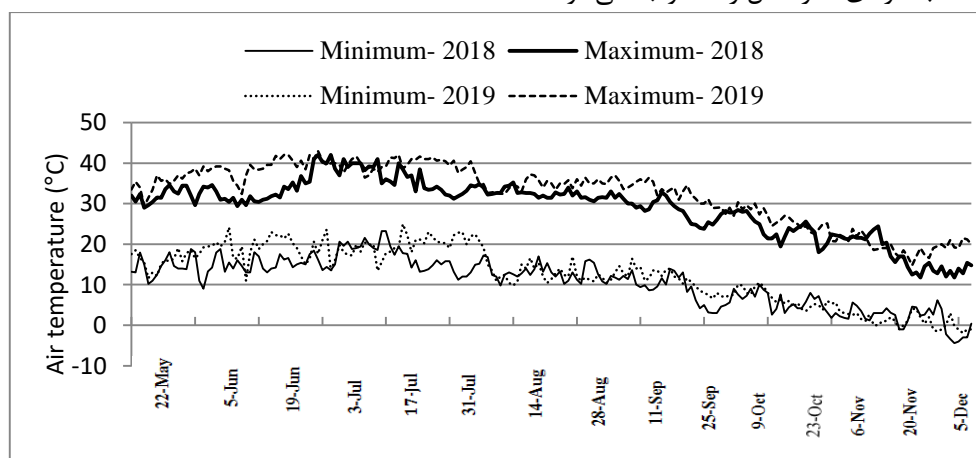
با توجه به ویژگی‌های کینوا از لحاظ مقاومت به خشکی، کوتاه بودن طول دوره رشد، ارزش غذایی بالا و همچنین مقاومت به سرمای آخر فصل، بررسی سازگاری و تعیین نیازمندی‌های زراعی این گیاه و در نهایت معرفی این گیاه در منطقه کرمان می‌تواند نقش موثری در کاهش مصرف آب، افزایش درآمد کشاورزان و همچنین پایداری تولید داشته باشد. بنابراین با توجه به موارد گفته شده، هدف از این تحقیق، تعیین مناسب‌ترین تاریخ کشت و تراکم بوته چهار رقم کینوا در شرایط منطقه جوپار کرمان با اقلیم معتدل سرد بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی سازگاری و ارزیابی عملکرد کمی و کیفی دانه چهار رقم کینوا تحت تاثیر تاریخ کشت و تراکم بوته، آزمایشی طی دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان واقع در منطقه جوپار (۱۸ کیلومتری جنوب شهر کرمان) انجام گرفت. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی، ۳۱ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی، ارتفاع ۱۷۴۹ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی ۱۴۰ میلی‌متر در سال، آب و هوای معتدل سرد، دمای کمینه ۱۴- و بیشینه ۴۰ درجه سانتی‌گراد است. تغییرات دمای شبانه روز در طی فصل رشد گیاه در دو سال، در شکل ۱ نشان داده شده است.

شده است (Bertero & Ruiz, 2008). در تحقیقی با افزایش تراکم کاشت از ۷۰۰۰۰ تا ۴۶۰۰۰۰ بوته در هکتار، عملکرد دانه از ۵۳۸۹ کیلوگرم در هکتار به ۳۰۴۹ کیلوگرم در هکتار کاهش یافته است (Erazzu et al., 2016).

در آزمایشی در برزیل، با افزایش تراکم کاشت از ۱۰۰ تا ۳۰۰ هزار بوته در هکتار، ارتفاع بوته و تعداد روز تا رسیدن کاهش یافت، اما صفات عملکرد دانه، بیوماس کل، شاخص برداشت و وزن هزار دانه تحت تاثیر تراکم کشت قرار نگرفتند که این عدم تاثیرپذیری، ناشی از ظرفیت بالای کینوا در تولید شاخه‌های فرعی و جبران تراکم کم بیان شده است (Spehari & Rocha, 2009). در تحقیقات متعددی بیان شده است که در تراکم‌های زیاد، گیاه کینوا قدری زودرس می‌شود، اما با افزایش تراکم، تعداد انشعاب‌های فرعی و بارور کاهش می‌یابد (Spehar & Rocha, 2009; Sief et al., 2015). با توجه به بحران کم آبی در استان کرمان، تغییر الگوی کشت موجود در راستای حذف و یا کاهش سطح زیر کشت گیاهان با نیاز آبی بالا و استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی ضرورت دارد. محصول کشت دوم منطقه معتدل کرمان بعد از برداشت گندم و جو، ذرت علوفه‌ای است که معمولاً از اواخر خرداد ماه تا تیرماه می‌شود و به دلیل قرار گرفتن فصل رشد گیاه در گرمای شدید تابستان و تبخیر زیاد رطوبت از خاک، آب زیادی مصرف می‌نماید و از طرفی قبل از زمان برداشت با سرمای آخر فصل رشد مواجه می‌شود.



شکل ۱- تغییرات دمای شبانه روز از یکم خرداد تا پانزدهم آذر در دو سال (۱۳۹۷ و ۱۳۹۸)

Figure 1. Day and night temperature changes from May 22 to December 5 in two years (2018 & 2019)

Giza1، Q12 و Q18 به صورت فاکتوریل و به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. هر کرت شامل چهار خط به فاصله‌ی ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول پنج متر، سطحی معادل ۱۲ متر مربع داشت. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش به صورت کرت خرد شده- فاکتوریل و در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. در این تحقیق، تاریخ‌های کشت دوم و ۱۷ مرداد و اول شهریور به عنوان عامل اصلی و تراکم‌های کشت ۱۶/۶ و ۳۳/۳ بوته در مترمربع (فواصل روی ردیف، پنج و ۱۰ سانتی‌متر با فاصله ثابت ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف و چهار رقم Titicaca،

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)
Table 1. Physicochemical properties of the experimental site soil (0-30 cm depth)

Year	Soil texture	F.C(%)	P.W.P (%)	B.D (g cm ⁻³)	O.C(%)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	EC (dS m ⁻¹)	pH
2018	S.L	19.7	7.9	1.43	0.52	0.052	10	212	1.4	7.8
2019	S.L	19.5	7.8	1.46	0.54	0.054	9.6	221	1.3	7.8

EC: هدایت الکتریکی، FC: ظرفیت مزرعه، PWP: نقطه پژمردگی دائم، BD: چگالی حجمی، OC: کربن آلی، SL: سندی لوم.

EC: Electrical Conductivity, FC: Field Capacity, PWP: Permanent Wilting Point, BD: Bulk Density, OC: Organic Carbon, SL: Sandy loam

عملکرد دانه در مرحله قهوه‌ای شدن کامل خوشه انجام شد. زمانی که دانه سفت و به سختی توسط ناخن نصف می‌شد (زمان برداشت هر رقم، هشت روز پس از رسیدن فیزیولوژیک در نظر گرفته شد)، بوته-های گیاه از دو خط میانی هر کرت در سطحی معادل ۴/۸ مترمربع برداشت شد. با توجه به تفاوت ارقام در زمان رسیدن، برداشت هر تاریخ کاشت در سه نوبت انجام شد. پس از جداسازی دانه و توزین، عملکرد دانه بر مبنای تن در هکتار محاسبه شد. شاخص برداشت که از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک (دانه و کاه) به دست می‌آید و همچنین عملکرد کاه و کلش در هر کرت، در سطحی معادل ۰/۶ متر مربع محاسبه شد. اندازه‌گیری ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد شاخه در بوته در مرحله شروع خمیری شدن دانه روی ۱۰ بوته تصادفی (میانگین ۱۰ بوته) در هر کرت انجام شد. وزن هزار دانه روی دو نمونه ۲۵۰ عددی بر مبنای رطوبت ۱۰ درصد محاسبه شد. اندازه‌گیری مقدار آهن موجود در دانه با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل سولار سری AA در آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان انجام شد و نیتروژن کل دانه با استفاده از روش کج‌دال، توسط دستگاه کجل‌تک مدل ۱۰۳۰ اندازه‌گیری شد و برای محاسبه مقدار پروتئین خام،

بر اساس آزمون خاک، ۹۲ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ کیلوگرم P2O5 در هکتار به ترتیب از منبع کود اوره و سوپرفسفات تریپل به خاک افزوده شد. تمام کود فسفات و ۲۵ درصد کود نیتروژن، قبل از کاشت و در زمان آماده سازی زمین مصرف شد. باقیمانده کود نیتروژن در زمانی که بوته‌ها ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر ارتفاع داشتند، در عمق پنج سانتی‌متری خاک و در مجاورت ریشه‌های گیاه استفاده شد (Spehar and Rocha, 2009). لازم به ذکر است که این آزمایش در زمینی که هر سال پس از برداشت گندم شخم و دیسک خورده بود و مقدار ۱۰۰ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل دریافت کرده بود، اجرا شد که توصیه کودی پس از کسر این مقدار انجام شد. کاشت بذر در وسط ردیف‌های کشت در عمق یک تا دو سانتی‌متری خاک انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد و به منظور سبز شدن یکنواخت مزرعه، آبیاری دوم به فاصله چهار روز و آبیاری سوم به فاصله شش روز از اولین آبیاری انجام گرفت و آبیاری‌های بعدی با دور نه روز، در ابتدا و ۱۶ روز در انتهای فصل، متناسب با خنک شدن هوا انجام شد. ثبت تاریخ ظهور مراحل فنولوژی گیاه و اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه در طول فصل رویش و در زمان مناسب انجام شد. برداشت برای محاسبه

در هر دو تراکم کاشت، کمترین ارتفاع را داشت (شکل ۲). ارتفاع گیاهان، تحت تاثیر خصوصیات ژنتیکی، شرایط محیطی نظیر رطوبت، نور، تغذیه و کمیت و کیفیت نور قرار می‌گیرد (Yazdani *et al.*, 2007). کمتر بودن ارتفاع بوته در تاریخ کاشت دوم مرداد را می‌توان به دمای بالاتر محیط (شکل ۱) در طی مرحله رشد رویشی و تامین نیاز حرارتی گیاه برای اتمام مرحله رشد رویشی در مدت زمان کوتاه‌تر نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر نسبت داد. کاهش ارتفاع بوته گیاه کلزا در شرایط کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی تحت تاثیر تاریخ کاشت، گزارش شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Fanaei *et al.*, 2005). تفاوت ارتفاع بوته بین ارقام را می‌توان به خصوصیات ژنتیکی ارقام و طول دوره رسیدن متفاوت ارقام نسبت داد. در ارقام دیررس، به دلیل این‌که گیاه از عوامل محیطی شامل تشعشع، دما، رطوبت و عناصر غذایی در مدت زمان بیشتری بهره‌مند است، گیاه با فتوسنتز بیشتر، مواد پرورده بیشتری را به تقسیم سلولی و افزایش ارتفاع گیاه اختصاص می‌دهد. در این تحقیق، رقم Giza1 با کمترین ارتفاع بوته زودرس‌ترین و رقم Q12 با بیشترین ارتفاع بوته، دیررس‌ترین بود (جدول ۳).

نیترژن کل در ضریب ۶/۲۵ ضرب شد (AOAC, 2009).

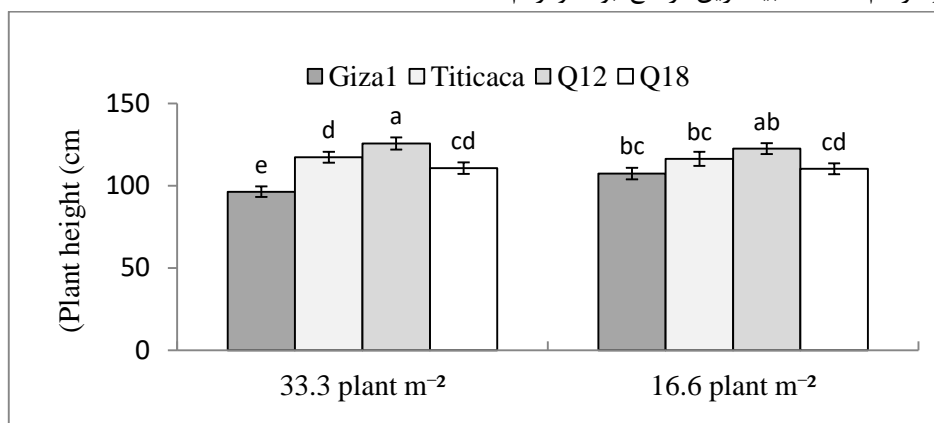
نتایج دو سال با استفاده از نرم افزار SAS.9.2 مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت. قبل از انجام محاسبات آماری، نرمال بودن واریانس خطاهای آزمایشی برای هر صفت مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک و فنولوژیک

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته تحت تاثیر تاریخ کاشت، رقم و برهمکنش رقم در تراکم معنی‌دار بود (جدول ۲). بین تاریخ‌های مختلف کاشت، دوم مرداد با ارتفاع ۱۰۳/۳ سانتی‌متر، کمترین ارتفاع بوته را داشت، ولی بین دو تاریخ کاشت دیگر تفاوت معنی‌داری نبود. در مقایسه بین ارقام مورد بررسی، رقم Q12 با ارتفاع ۱۲۴ سانتی‌متر، بیشترین و رقم Giza1 با ارتفاع ۱۰۱/۸ سانتی‌متر، کمترین ارتفاع را داشت (جدول ۳). در بررسی برهمکنش رقم در تراکم کاشت نیز رقم Q12 در هر دو تراکم کاشت، بیشترین ارتفاع بوته و رقم Giza1



شکل ۲- میانگین ارتفاع بوته کینوا، تحت تاثیر برهمکنش تراکم کشت و رقم. میله‌ها، بیانگر خطای استاندارد میانگین هستند.

میانگین‌های با حروف مشابه، بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

Figure 2. Interaction effect of planting density and cultivar on average of plant height of quinoa. Bars represent standard error of the means. Averages with the same letter(s) are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی کینوا، تحت تاثیر تاریخ کاشت، رقم و تراکم کاشت.

Table 2. Combined analysis of variance of quinoa agronomic traits affected by planting date, cultivar and planting density

S.O.V	D.F	Plant height	Stem diameter	Number of branches per plant	Day to maturity	Grain yield per plant	1000 grain weight	Harvest index	Straw	Grain yield per hectare	Grain protein	grain iron
Year (y)	1	645.33333	0.6075**	961.23**	18.750000	123.1201172	0.00013333	0.13992**	690915.63	75543857.3*	21.816**	121.9*
Replication(Y)	6	853.68056	0.10607639	45.5293056	132.468750	112.6773082	0.07547500	0.00099828	652846.88	3241245.36	0.61365304	30.921875
Planting date (P)	2	4919.26*	0.2363*	49.135**	305.08**	424.0729**	1.4037*	0.02836**	2739028.53	19949386.2*	14.3132**	25.161458
Y*P	2	1485.31771	0.11359375	26.1089062	0.812500	266.0393*	0.54094*	0.00058012	514052.86	439969.70	9.9306**	0.328125
Error 1	12	472.07639	0.04211806	8.4842535	29.093750	71.7296134	0.09405156	0.00208117	959990.73	1488520.25	1.10938204	32.140625
Cultivar (G)	3	4277.91**	0.466**	8.2147*	2648.743**	40.0230047	0.8806**	0.009658**	4007803.7*	3361453.7**	8.9757**	1414.477**
P×G	6	44.78646	0.03727431	3.4696701	59.826389	98.2436**	0.29111**	0.006726**	3667109.4**	2240564.7**	2.94574**	399.967**
Y×G	3	15.11111	0.05093750	21.3563**	4.305556	26.2418644	0.72945**	0.00216456	1049650.50	1475756.34	4.4176**	95.81076*
Y×P×G	6	100.86632	0.03692708	9.7488**	10.847222	92.2659**	0.15577240	0.00083933	1196488.60	1009444.39	6.7841**	35.467014
Planting density (D)	1	140.08333	3.44005**	433.2008**	72.520833	13.2037630	0.06163333	0.00048348	4834.56	154590.41	0.75877552	591.505**
Y*D	1	300.00000	0.06380208	9.9625	6.750000	50.4197505	0.13867500	0.00063297	27278.44	1140324.64	3.10846302	64.171875
P*D	2	346.97396	0.01567708	0.2266146	36.020833	8.6603943	0.06848802	0.00024424	8867401.09**	282259.91	0.44677640	88.8177*
G*D	3	486.305*	0.00973958	0.6438889	95.687500	53.5899047	0.06824306	0.00142850	1682785.68	411558.48	1.17088203	296.56**
P*G*D	6	104.67535	0.01348958	1.6040451	112.8*	5.2706214	0.08884566	0.00107309	5088462.97**	427896.55	0.85494945	204.03**
Y*P*D	2	173.29688	0.00786458	1.4807812	1.937500	25.7297693	0.01296719	0.00064504	1390300.53	1287371.37	0.45937406	16.796875
Y*G*D	3	268.83333	0.01946181	1.5161111	7.583333	8.5359589	0.05059028	0.002459*	287042.65	53780.12	0.05086467	18.144097
Y*P*G*D	6	247.44271	0.01998264	4.2366840	10.125000	17.0708339	0.03263038	0.00093187	367584.65	613379.31	1.55232141	12.852431
Error 2	126	200.68254	0.03443948	3.340541	48.25843	22.657598	0.08707684	0.00086396	1398134.8	627423.6	1.0276627	28.00422
CV(%)		12.5	14.6	19.52	7.61	20.6	12.1	9.2	19.6	24.2	5.7	6.1

*، ** : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

*and **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۳- میانگین ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه در بوته و تعداد روز تا رسیدن کینوا، تحت تأثیر تاریخ کاشت، رقم و تراکم بوته

Table 3. Average of plant height, stem diameter, number of branches per plant and days to physiological maturity of quinoa affected by planting date, cultivar and plant density

Experimental factors	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Number of branches per plant	Days to physiological maturity
Planting date				
24 July	103.5±2.24b	1.24±0.03b	13.68±0.49a	90.84±1.1b
8 Agust	120.5±2.2a	1.36±0.03a	13.55±0.51a	89.28±1.15b
23 Agust	115.8±2.19a	1.32±0.04ab	12.1±0.54b	93.59±1.3a
Cultivar				
Giza1	101.8±2.47d	1.185±0.03c	12.93±0.57ab	82.08±1.06d
Titicaca	116.8±2.66b	1.308±0.04b	13.61±0.67a	94.79±1.2b
Q12	124.08±2.46a	1.426±0.03a	13.26±0.66ab	99.20±1a
Q18	110.45±2.4c	1.321±0.04b	12.65±0.54b	88.87±0.85c
Plant density (plant m ⁻²)				
33.3	112.4±2a	1.17±0.03b	11.6±0.42b	91.85±1a
16.6	114.16±1.9a	1.44±0.03a	14.61±0.44a	90.62±0.94a

اعداد به صورت میانگین ± خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Values are shown as mean ± standard error of mean. Averages with the same letters in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level

قطر ساقه

تأثیر اثرات ساده تاریخ کاشت، رقم و تراکم کاشت بر قطر ساقه معنی‌دار بود (جدول ۲). تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع در مقایسه با تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع، به‌طور معنی‌داری از قطر ساقه بیشتری برخوردار بود. در مقایسه بین تاریخ‌های مختلف کاشت، ۱۷ مرداد، بیشترین و تاریخ کاشت دوم مرداد، کمترین قطر ساقه را داشت. همچنین در مقایسه بین چهار رقم مورد مطالعه، رقم Q12 بیشترین و رقم Giza1 کمترین قطر ساقه را داشت (جدول ۳). بیشتر بودن قطر ساقه در رقم Q12 را می‌توان به طول دوره رشد بیشتر این رقم و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر، ارتفاع بوته بیشتر و خصوصیات ژنتیکی رقم مذکور نسبت داد. کمتر بودن قطر ساقه در تاریخ کاشت دوم مرداد می‌تواند ناشی از تامین نیاز حرارتی گیاه در زمان کوتاه‌تر و کاهش طول دوره رشد رویشی گیاه به دلیل دمای بیشتر محیط (شکل ۱) باشد. کاهش قطر ساقه در تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع، ناشی از فضای فیزیکی کمتر هر بوته در مقایسه با تراکم ۱۶/۶ بوته است. در تراکم ۳۳/۳ بوته، به دلیل کاهش فتوسنتز هر بوته و بهره‌مندی تک بوته‌ها از تشعشع، مواد غذایی و آب کمتر و رقابت بیشتر بین بوته‌ها قطر ساقه کاهش یافته است. تغییر

معنی‌دار در قطر ساقه کینوا تحت تأثیر رقم و تاریخ کاشت، قبلاً گزارش شده است که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد (Shirinnejad *et al.*, 2019).

تعداد شاخه در بوته

تعداد شاخه در بوته، تحت تأثیر تراکم کاشت و همچنین برهمکنش سال در تاریخ کاشت در رقم معنی‌دار بود (جدول ۲). تراکم کشت ۳۳/۳ بوته در مترمربع نسبت به تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع، به دلیل فضای کمتر و رقابت بیشتر بین بوته‌ها، از تعداد شاخه کمتری در بوته برخوردار بود (جدول ۳). در این تحقیق، تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه بین دو تراکم کاشت وجود نداشت (جدول ۳). بنابراین می‌توان اظهار نمود که گیاه کینوا در تراکم کم (۱۶/۶ بوته در متر مربع) می‌تواند با تولید شاخه فرعی بیشتر، کاهش تراکم را جبران نماید. پیشتر توانایی کینوا در جبران کاهش تراکم از طریق تولید انشعاب و شاخه فرعی بیشتر گزارش شده است که با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد (Spehar & Rocha, 2009). در سال اول و تقریباً در همه تاریخ‌های کاشت، کمترین و بیشترین تعداد شاخه در بوته به ترتیب به رقم Q12 و Q18 تعلق داشت و در سال دوم و در تمام ارقام، کمترین تعداد شاخه در بوته به تاریخ کاشت اول

شهریور تعلق داشت (جدول ۴). تفاوت بین ارقام در تعداد شاخه، مربوط به خصوصیات ژنتیکی و توانایی هر رقم در دریافت تشعشع خورشیدی است، اما تفاوت بین تاریخ‌های کاشت، ناشی از تغییر شرایط محیطی و

جدول ۴- میانگین تعداد شاخه در گیاه و عملکرد دانه در بوته، تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت در رقم در هر سال.

Table 4. Interaction effect of planting date and cultivar on average of number of branches and grain yield per plant.

Planting date	Cultivar	2018	2019	2018	2019
		Number of branches per plant	Number of branches per plant	Grain yield per plant (g)	Grain yield per plant (g)
24 July	Giza1	16.06±1.6abc	11.43±1.2ab	15.12±1.8bcd	10.1±1.6de
	Titicaca	16.12±1.3abc	12.87±1.15a	11.45±1.6de	11.68±1.4cd
	Q12	15.06±1.4bcd	11.62±0.9ab	12.1±1.75de	22.41±3.3a
	Q18	13.5±1.35d	12.81±1.5a	9.84±1.27e	15.05±2.97bc
8 Agust	Giza1	14.75±1.24bcd	10.81±1.2bc	14.76±2.12bcd	15.4±1.58bc
	Titicaca	16.75±1.8ab	11.21±1.5bc	18.8±1.7ab	15.91±1.3bc
	Q12	17.25±1.16a	11.1±1.7bc	18.93±1.6ab	17.6±1.7ab
	Q18	14.86±1.24bcd	11±1.7bc	20.25±1.8a	15.5±1.6bc
23 Agust	Giza1	14.75±0.8bcd	9.8±1.2c	15.93±1.24abcd	11±1cd
	Titicaca	14.37±1.22cd	10.56±1.3bc	13.33±2cde	8.5±0.9de
	Q12	16.75±0.85ab	7.87±1d	13.66±2.11cde	5.26±1.45e
	Q18	13±1d	9.75±0.95c	16.78±1.47abc	13.11±0.85bcd

اعداد به صورت میانگین ± خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Values are shown as mean ± standard error of mean. Averages with the same letter(s) in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

مربوط دانست. با توجه به نمودار آمار دما مشخص شد (شکل ۱) که با خنک شدن هوا، به دلیل تامین نیاز حرارتی گیاه در مدت زمان طولانی‌تر، طول دوره رشد ارقام در تاریخ کاشت اول شهریور افزایش یافته است. کینوا یک گیاه کوتاه روز کمی است که طول هر مرحله فنولوژیک، علاوه بر فتوپریود، تحت تاثیر درجه روز رشد نیز می‌باشد (Salehi & Dehghani, 2018). بنابراین طولانی‌تر بودن طول دوره رسیدن ارقام در تاریخ‌های کاشت دیرتر را می‌توان به خنک بودن هوا و تامین نیاز حرارتی گیاه در مدت زمان طولانی‌تر مرتبط دانست (شکل ۱).

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

عملکرد دانه در بوته

عملکرد دانه در بوته تحت تاثیر برهمکنش سال در تاریخ کاشت در رقم معنی‌دار بود (جدول ۲). در هر دو سال، عملکرد دانه در بوته در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر بیشتر بود (جدول ۴). در سال دوم، بیشترین و کمترین عملکرد دانه در بوته به رقم Q12 (دیررس‌ترین رقم) تعلق

تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک

تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک، تحت تاثیر برهمکنش تاریخ کاشت در رقم در تراکم معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی برهمکنش مذکور، رقم Q12 در تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع در تاریخ کاشت اول شهریور، با طول دوره رشد ۱۰۵ روز، دیررس‌ترین رقم و رقم Giza1 در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد و در تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع با طول دوره رشد ۷۷ روز، زودرس‌ترین رقم بود (جدول ۵). به‌طور متوسط، طول دوره رشد ارقام Giza1، Q18، Titicaca و Q12 به ترتیب ۸۲، ۸۹، ۹۴ و ۹۹ روز بود (جدول ۳). در مقایسه کلی بین تاریخ‌های مختلف کاشت مشخص شد که در تاریخ کاشت اول شهریور، طول دوره رشد به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تاریخ کاشت دیگر بود (جدول ۳). تفاوت در طول دوره رسیدن ارقام مختلف را می‌توان به خصوصیات ژنتیکی و گروه رسیدن هر رقم مرتبط دانست، اما تفاوت در طول دوره رسیدن یک رقم در تاریخ‌های کاشت مختلف را می‌توان به تغییرات شرایط محیطی (دمای روزانه و فتوپریود)

می‌توان به برخورد مرحله پر شدن دانه با دمای پایین محیط مرتبط دانست (شکل ۱). بیشتر بودن عملکرد دانه در بوته در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد در مقایسه با تاریخ‌های دوم مرداد و اول شهریور را می‌توان ناشی از شرایط دمایی مناسب در مرحله رشد رویشی و زایشی گیاه (شکل ۱) دانست. بوته‌های تولید شده در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد، از لحاظ قطر ساقه و ارتفاع بوته نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر برتری معنی‌داری داشتند (جدول ۳) که بیانگر شرایط مناسب محیطی برای رشد رویشی و زایشی گیاه در این تاریخ است.

داشت. در این رقم، بیشترین عملکرد دانه در بوته به مقدار ۲۲/۴۱ گرم در تاریخ کاشت دوم مرداد و کمترین آن به مقدار ۵/۲۶ گرم در تاریخ کاشت اول شهریور به دست آمد. (جدول ۴). کاهش و افزایش عملکرد دانه در بوته تحت تاثیر تاریخ کاشت را می‌توان ناشی از تاثیرپذیری این صفت از شرایط محیطی دانست (Corraliza *et al.*, 2019). افزایش عملکرد دانه در بوته در رقم Q12 در تاریخ کاشت دوم مرداد، بیانگر مساعد بودن شرایط دمایی در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه است، اما عملکرد کمتر بوته در این رقم در تاریخ کاشت آخر (اول شهریور) را

جدول ۵- میانگین تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک و بقایای گیاه، تحت تاثیر برهمکنش تاریخ کاشت، رقم و تراکم کشت

Planting date	Cultivar	Plant density (plant m ⁻²)	Days to physiological maturity	Straw (kg ha ⁻¹)
24 July	Giza1	33.3	80.37±1.81ijk	3758.47±332g
	Giza1	16.6	84±1.76hij	5952.19±267ab
	Titicaca	33.3	99±2.1ab	5336.19±169abcd
	Titicaca	16.6	89.62±1.89efgh	4303.01±301defg
	Q12	33.3	100.5±1.4ab	5794.7±165abc
	Q12	16.6	97.75±2bc	5142.73±267bcde
	Q18	33.3	89.25±2.3efgh	3673.8±169g
	Q18	16.6	86.25±1.75ghi	4979.8±323b-f
	Giza1	33.3	78±1jk	4218.2±118defg
	Giza1	33.3	77.12±0.8k	4168.41±196defg
8 Agust	Titicaca	16.6	90.12±1.5d-h	4036.74±131efg
	Titicaca	33.3	94.37±2.1b-f	5200.9±96bcde
	Q12	33.3	98±1.7b	4809.33±287b-g
	Q12	16.6	98.12±1.4b	4817.2±326b-g
	Q18	33.3	90.87±2.2defg	4520.3±142defg
	Q18	33.3	87.62±1.6fgh	4938.07±182b-f
	Giza1	16.6	84±1.9jhi	4708.9±152c-g
	Giza1	33.3	89±2.4efgh	3840.4±97fg
	Titicaca	33.3	98.75±3.3ab	6414.41±402a
	Titicaca	16.6	96.87±3.1bcd	5163.58±401bcde
23 Agust	Q12	33.3	105.25±0.9a	4818.2±235b-g
	Q12	16.6	95.62±2.1bcde	4664.34±419c-g
	Q18	33.3	88.12±1.3fgh	5767±206abc
	Q18	16.6	91.12±1.23c-g	4565±193defg

Table 5. Interaction effect of planting date, cultivar and plant density on average of days to physiological maturity and straw.

اعداد به صورت میانگین ± خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Values are shown as mean ± standard error of mean. Averages with the same letter(s) in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

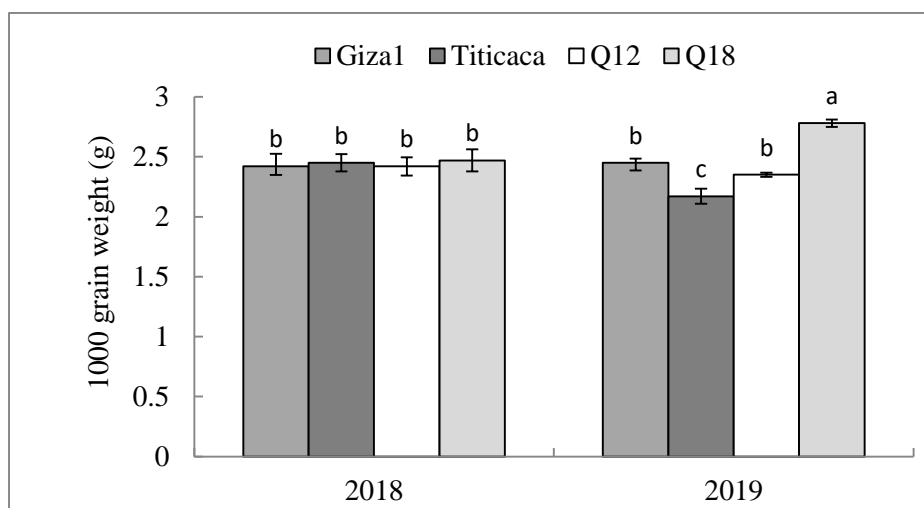
۲). وزن هزار دانه بین ۲/۱ تا ۲/۷ گرم متغیر بود، به طوری که بیشترین وزن هزار دانه متعلق به رقم Q18 در تاریخ کاشت اول شهریور معادل ۲/۷ گرم بود.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه، تحت تاثیر برهمکنش تاریخ کاشت در رقم و برهمکنش سال در رقم معنی‌دار بود (جدول

Q18 را می‌توان ناشی از فتوسنتز بیشتر گیاه در مرحله پر شدن دانه و توان محزن (دانه) در دریافت مواد پرورده بیشتر دانست. طول دوره پر شدن دانه و شرایط محیطی حاکم در مرحله پر شدن دانه، عامل مهمی در انتقال مواد فتوسنتزی از برگ و ساقه به سمت دانه و در نتیجه افزایش وزن هزار دانه می‌باشد (Fanaei *et al.*, 2005). بنابراین با توجه به این‌که وزن هزار دانه تحت تاثیر شرایط محیطی و ژنتیکی می‌باشد، از این رو و در جهت افزایش تولید، باید شرایط محیطی را به نحوی مدیریت نمود که گیاه بتواند با فتوسنتز مناسب و تسهیل انتقال مواد پرورده به دانه، وزن هزار دانه بیشتری تولید نماید.

ضمن این‌که رقم Q18 در سایر تاریخ‌های کاشت هم در مقایسه با سایر ارقام، از وزن هزار دانه بیشتری برخوردار بود. کمترین وزن هزار دانه در رقم Titicaca به مقدار ۲/۱ گرم در تاریخ کاشت دو مرداد به‌دست آمد (جدول ۶). وزن هزار دانه از اجزای مهم تعیین‌کننده عملکرد دانه بود که علاوه بر رقم، تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Bertero & Ruiz, 2008). در بررسی برهمکنش سال در رقم مشخص شد که در سال دوم، رقم Q18 بیشترین و رقم Titicaca کمترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص داده است (شکل ۳). توان فتوسنتزی هر رقم، تشعشع دریافتی و توان محزن در دریافت شیره پرورده عوامل مهمی در افزایش وزن هزار دانه گیاه است. برتری رقم



شکل ۳- میانگین وزن هزار دانه ارقام مختلف کینوا در هر سال. میله‌ها، بیانگر خطای استاندارد میانگین هستند. میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر سال، بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 3. Average of 1000- seed weight of quinoa in each year. Bars represent standard error of the mean. Averages with the same Letter(s) in each year, are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

شهریور مشاهده تعلق داشت (جدول ۶). در بررسی برهمکنش سال و رقم و تراکم مشخص شد که در سال اول، بیشترین شاخص برداشت (۰/۳) متعلق در رقم Giza1 در تراکم ۱۶/۶ بوته در متر مربع و کمترین شاخص برداشت (۰/۲۸) در رقم Q18 در تراکم ۳۳/۳ بوته در متر مشاهده شد. در سال دوم، شاخص برداشت در محدوده ۰/۳۱ تا ۰/۳۷ متغیر بود، به‌نحوی که بیشترین شاخص برداشت در سال دوم

شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تاثیر برهمکنش تاریخ کاشت و رقم و همچنین برهمکنش سال و رقم و تراکم معنی‌دار بود (جدول ۲). دامنه تغییرات شاخص برداشت بین ۰/۲۶ تا ۰/۳۵ متغیر بود، به‌طوری‌که بیشترین شاخص برداشت (۰/۳۵) به رقم Q12 در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد و کمترین شاخص برداشت (۰/۲۶) به رقم Titicaca به در تاریخ کاشت اول

کاهش را می‌توان به برخورد مراحل پایانی پر شدن دانه به دمای پایین محیط (شکل ۱) و ناکافی بودن زمان مناسب برای انتقال مواد فتوسنتزی از برگ و ساقه به دانه‌ها نسب داد. تاثیر تاریخ کاشت (تغییرات شرایط محیطی) و رقم بر شاخص برداشت در تحقیقات دیگران نیز گزارش شده است که با نتیجه حاصل از این بررسی مطابقت دارد (Bhargava *et al.*, 2007; Szilagy & Jornsgard 2014).

به ترتیب به ارقام Q12 و Giza1 تعلق داشت (شکل ۴). شاخص برداشت، معیاری از نسبت وزن دانه به زیست‌توده کل تولیدی است و معمولاً ارقام پرمحصول، شاخص برداشت بالاتری دارند. برتری شاخص برداشت در ارقام Q12 و Giza1 در مقایسه با سایر ارقام را می‌توان با خصوصیات ژنتیکی و زراعی ارقام مذکور مرتبط دانست که توانسته‌اند در مرحله رشد زایشی، مواد فتوسنتزی بیشتری را از ساقه و برگ‌ها به دانه منتقل نمایند. کمترین شاخص برداشت در تاریخ کاشت اول شهریور مشاهده شد که این

جدول ۶- میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه کینوا، تحت تأثیر برهمکنش تاریخ کاشت و رقم.

Table 6. Interaction effect of planting date and cultivar on average of grain yield and yield components of quinoa.

Planting date	Cultivar	Grain yield per plant (g)	1000 grain weight (g)	Harvest index	Grain yield (kg ha ⁻¹)
24 July	Giza1	12.61±1.34cde	2.18±0.08f	0.339±0.02ab	2241.9±239de
	Titicaca	11.57±1.09de	2.1±0.05f	0.314±0.01cd	1831.8±170e
	Q12	17.28±2.6ab	2.24±0.03def	0.332±0.01bc	2444±263cd
	Q18	12.45±1.7cde	2.47±0.09bcd	0.33±0.02abc	2281.4±231cde
8 Agust	Giza1	15.08±1.28abc	2.52±0.06bc	0.32±0.02bcd	2699.89±300bcd
	Titicaca	17.35±1.1ab	2.5±0.06bc	0.336±0.02a	3034.4±233ab
	Q12	18±1.13a	2.45±0.07cd	0.353±0.02a	3454.78±297a
	Q18	17.92±1.3ab	2.66±0.08ab	0.31±0.01d	3540.8±292a
23 Agust	Giza1	13.51±1cd	2.66±0.09ab	0.335±0.01ab	2511.75±199bcd
	Titicaca	10.92±1.2de	2.2±0.1ef	0.26±0.02e	1851.05±242e
	Q12	9.46±1.8e	2.41±0.08cde	0.27±0.01e	1743.3±310e
	Q18	14.95±1bc	2.75±0.1a	0.3±0.01d	2821.49±246bc

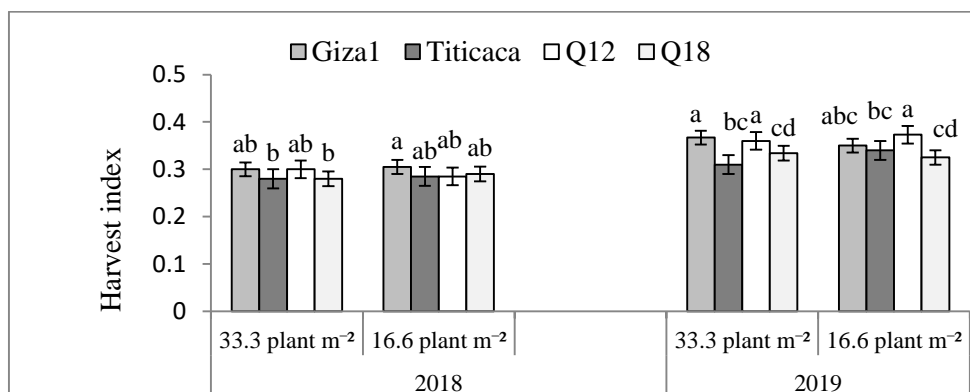
اعداد به صورت میانگین ± خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Values are shown as mean ± standard error of mean. Averages with the same letter(s) in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

برداشت کمتر در رقم Titicaca می‌توان بیان داشت که در این رقم، بخش اعظمی از مواد فتوسنتزی به تولید کاه اختصاص یافته است و مقدار کمتری صرف تولید دانه شده است. مقدار متفاوت بقایای یک رقم در تاریخ‌های کشت مختلف، بیانگر این است که شرایط محیطی می‌تواند پتانسیل ژنتیکی یک رقم را تحت تاثیر قرار دهد. این نتایج با یافته‌های دیگر محققین که نتایج مشابهی گزارش نمودند مطابقت دارد (Bhargava *et al.*, 2007; Bertero & Ruiz, 2008).

عملکرد بقایای محصول

مقدار بقایای محصول (کاه تولیدی) کینوا تحت تاثیر برهمکنش تاریخ کاشت و رقم و تراکم معنی‌دار بود (جدول ۲). حداکثر مقدار بقایای تولیدی در تاریخ کاشت اول شهریور در رقم Titicaca و در تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع، ۶۴۱۴ کیلوگرم در هکتار بود و حداقل آن به رقم Q18 در تاریخ کاشت دو مرداد و تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع تعلق داشت. (جدول ۵). با توجه به ارتفاع زیاد بوته (جدول ۳) و شاخص



شکل ۴- میانگین شاخص برداشت کینوا، تحت تاثیر برهمکنش رقم و تراکم کاشت در هر سال. میله‌ها، بیانگر خطای استاندارد میانگین هستند. میانگین‌های با حروف مشابه در هر سال، بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

Figure 4. Interaction effect of cultivar and plant density on average of quinoa harvest index in each year. Bars represent standard error of the mean. Averages with the same Letter(s) in each year are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

تاریخ کاشت‌ها، رقم Q18 از مرحله دانه بستن به بعد با ورس شدید بوته مواجه شد، به طوری که برداشت مکانیزه این رقم را با مشکل مواجه شد؛ بنابراین با وجود عملکرد دانه مطلوب، این رقم در شرایط اقلیمی منطقه جوپار کرمان قابل توصیه نیست. در این آزمایش، رقم Giza1 با طول دوره رشد ۸۲ روز، زودرس‌ترین رقم و رقم Q12 با طول دوره رشد ۹۹ روز (متوسط سه تاریخ کاشت)، دیررس‌ترین رقم بود (جدول ۳). با توجه به نمودار شکل ۱، مشاهده می‌شود که زمان رسیدن بوته‌های تاریخ کاشت اول شهریور، با دمای پایین محیط مواجه شده است و در این شرایط، رقم زودرس Giza1 به دلیل این که زمان پر شدن و رسیدن دانه با دمای مناسبی مواجه بوده است، توانسته عملکرد دانه قابل قبولی تولید نماید، اما رقم Q12 که در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد با تولید ۳۴۵۴ کیلوگرم دانه در هکتار از ارقام برتر بود، به دلیل دیررس بودن و برخورد زمان پر شدن دانه با دمای پایین محیط، کمترین عملکرد دانه را در تاریخ کاشت اول شهریور داشته است. رقم Q12 در تاریخ کاشت آخر، عمدتاً به دلیل عملکرد کمتر دانه در بوته، عملکرد در هکتار کمتری داشت (جدول ۶). تاریخ کاشت یکی از عوامل مهم مدیریتی برای بهره‌برداری مناسب گیاه از عوامل محیطی و نهاده‌های مصرفی

عملکرد دانه در هکتار

عملکرد دانه تحت تاثیر برهمکنش تاریخ کاشت و رقم معنی‌دار بود (جدول ۲). ارقام Q12 و Q18 در تاریخ کاشت دوم (۱۷ مرداد) به ترتیب با عملکرد دانه ۳۴۵۴ و ۳۴۵۴ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را تولید نمودند؛ ضمن این که عملکرد دانه در تمام ارقام در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر بیشتر بود (جدول ۶). رقم Q12 در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد در مقایسه با سایر ارقام، از لحاظ ارتفاع بوته، عملکرد دانه در بوته و شاخص برداشت، برتری معنی‌داری داشت (جدول ۶). شاخص برداشت بیشتر یک رقم، بیانگر توانایی آن در اختصاص مواد پرورده بیشتر از برگ‌ها و ساقه به دانه گیاه است که عملکرد بیشتر دانه را تضمین می‌کند. افزایش ارتفاع بوته در گیاه و رشد رویشی بیشتر، منجر به افزایش سطح برگ و بیشتر شدن توان فتوسنتزی و تولید مواد پرورده بیشتر می‌شود. بنابراین عملکرد دانه بیشتر رقم Q12 در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد در مقایسه با سایر ارقام را می‌توان ناشی از برتری شاخص برداشت، ارتفاع بوته و عملکرد دانه در بوته این رقم دانست. در تاریخ کاشت سوم، ارقام Q18 و Giza1 به ترتیب با عملکرد دانه ۲۵۱۱ و ۲۸۲۱/۵ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با سایر ارقام، برتری عملکرد داشتند (جدول ۶). در تمام

صفات کیفی دانه

پروتئین خام دانه

پروتئین خام دانه تحت تاثیر برهمکنش سال و تاریخ کاشت و رقم معنی‌دار بود (جدول ۲). در سال اول، رقم Giza1 در تاریخ کاشت اول شهریور با ۱۸/۵۵ درصد، بیشترین و رقم Q12 با ۱۶/۲۸ درصد در تاریخ کاشت دوم مرداد، کمترین مقدار پروتئین دانه را داشت (جدول ۷). رقم Giza1 در سال دوم در تمام تاریخ‌های کاشت در گروه برتر قرار گرفت و در مجموع سه تاریخ کاشت، بیشترین محتوی پروتئین دانه را داشت. در سال دوم، کمترین مقدار پروتئین دانه متعلق به رقم Q12 به مقدار ۱۵/۰۵ در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد بود (جدول ۷). همبستگی منفی بین پروتئین دانه و عملکرد دانه در محصولات مختلف زراعی گزارش شده است (Najafinejad *et al.*, 2008).

می‌باشد که نقش مهمی در عملکرد نهایی گیاه ایفا می‌نماید (Salehi & Dehghani, 2018). تاثیر تاریخ کاشت مناسب برای ارقام متفاوت و گونه‌های مختلف گیاهی در هر منطقه برای استفاده حداکثری از پتانسیل ژنتیکی گیاه در تحقیقات متعددی اثبات شده است (Sepahvand, 2016; Salehi *et al.*, 2019). به‌طور کلی عملکرد کمتر دانه رقم Giza1 را می‌توان به زودرسی و عملکرد بیشتر رقم Q12 را به دیررسی این رقم (جدول ۳) نسبت داد. اختلافات ژنتیکی در گیاهان و ارقام مختلف یک گونه، با تاثیر بر جذب نور، بر میزان فتوسنتز و عملکرد ارقام مختلف تاثیر دارد (Corraliza *et al.*, 2019). محققین زیادی اظهار نموده‌اند که اختلافات ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای بین ارقام مختلف محصولات زراعی وجود دارد که عملکرد نهایی گیاه را تحت تاثیر شرایط محیطی تعیین می‌نماید (Najafinejad *et al.*, 2008; Corraliza *et al.*, 2019).

جدول ۷- میانگین پروتئین دانه، تحت تاثیر برهمکنش تاریخ کاشت و رقم در هر سال

Table 7. Interaction effect of planting date and cultivar on average of grain protein in each year

Planting date	Cultivar	2018	2019
		Grain protein (%)	Grain protein (%)
24 July	Giza1	17.48±0.41abcd	18.12±0.37abc
	Titicaca	16.36±0.43e	17.76±0.21bc
	Q12	16.28±0.81e	17.51±0.35c
	Q18	16.95±0.23de	17.49±0.12c
	Giza1	17.53±0.23abcd	18.78±0.1a
8 Agust	Titicaca	17.32±0.24bcde	18.46±0.23a
	Q12	18.06±0.36abc	15.05±0.43d
	Q18	18.38±0.33ab	18.14±0.11abc
	Giza1	18.55±0.13a	19.1±0.1a
	Titicaca	17.35±0.26bcde	18.8±0.34a
23 Agust	Q12	17.29±0.27cde	18.8±0.37a
	Q18	17±0.21cde	18.6±0.43ab

اعداد به صورت میانگین \pm خطای استاندارد میانگین نشان داده شده است. میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Values are shown as mean \pm standard error of mean. Averages with the same letters in each column according to Duncan's multiple range test at the level of 5% probability are not significant.

نیترोजن در بافت گیاه کاهش یافته است و بنابراین رقیق شدن عنصر غذایی در بافت گیاه افزایش و نهایتاً درصد پروتئین دانه کاهش نشان داده است

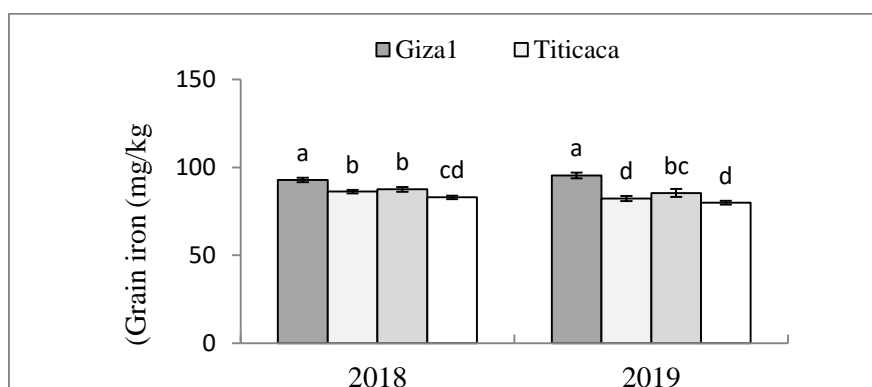
با توجه به مصرف نیترोजن یکسان در تمام کرت‌های آزمایش، می‌توان بیان نمود که در رقم Q12 به دلیل عملکرد دانه و تولید ماده خشک بیشتر، غلظت

شد که محتوی آهن دانه در محدوده ۱۰۲/۶ و ۷۶/۶ میلی‌اکی‌والان گرم متغیر بوده است. بیشترین محتوی آهن دانه به ترتیب در رقم Giza1 در تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع در تاریخ کاشت اول شهریور و کمترین آن در رقم Titicaca در تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد مشاهده شد (شکل ۶). آهن یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه است که نقش مهمی در بسیاری از فرایندهای حیاتی گیاه از جمله فتوسنتز، تولید پروتئین و کلروفیل ایفا می‌نماید. قابل توجه بودن محتوی آهن دانه کینوا در مقایسه با ذرت، برنج و گندم، بیانگر ارزش غذایی بالای دانه این گیاه در تغذیه انسان است (Kozioł, 1992). آهن در بدن انسان برای ساختن هموگلوبین (حمل اکسیژن در بدن)، میوگلوبین (ذخیره اکسیژن در بدن) و آنزیم‌ها استفاده می‌شود که نقش حیاتی در بدن ایفا می‌نمایند. تغییر در محتوی آهن دانه تحت تاثیر رقم و شرایط مختلف محیطی در طی فصل رشد گیاه در تحقیقات دیگران نیز گزارش شده است (Ashok *et al.*, 2012; Kok *et al.*, 2017).

(Tanguling *et al.*, 1987). به‌طور کلی، قابل توجه بودن درصد پروتئین خام در دانه کینوا در کنار ویژگی مقاومت به خشکی، اهمیت این گیاه را برای جایگزینی با گیاهان در مناطق خشک دو چندان می‌نماید. همچنین مقادیر متفاوت پروتئین خام در ارقام مختلف به دلیل ساختار ژنتیکی متفاوت و عکس‌العمل متفاوت به شرایط مختلف محیطی، در تحقیقات مختلفی گزارش شده است (Gonzalez *et al.*, 2012; Miranda *et al.*, 2013). بنابراین با توجه به این‌که پروتئین دانه تحت تاثیر شرایط محیطی و ژنتیکی می‌باشد، از این رو در جهت افزایش کیفیت دانه باید ارقامی انتخاب شوند که از نظر توارثی، دارای درصد بالایی پروتئین باشند. در تحقیقی، تغییر در میزان پروتئین دانه ارقام کینوا تحت شرایط مختلف محیطی گزارش شده است (Gonzalez *et al.*, 2012).

محتوی آهن دانه

محتوی آهن دانه تحت تاثیر برهمکنش سال و رقم و برهمکنش تاریخ کاشت و رقم در تراکم معنی‌دار بود (جدول ۲). در هر دو سال، رقم Giza1 بیشترین و رقم Q18 کمترین مقدار آهن را داشت (شکل ۵). در بررسی برهمکنش تاریخ کاشت، رقم و تراکم مشخص



شکل ۵- میانگین محتوی آهن دانه ارقام کینوا در هر سال. میله‌ها بیانگر خطای استاندارد میانگین هستند. میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر سال، بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 5. Average of grain iron in quinoa cultivars in each year. Bars represent standard error of the mean. Averages with the same letter(s) in each year are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

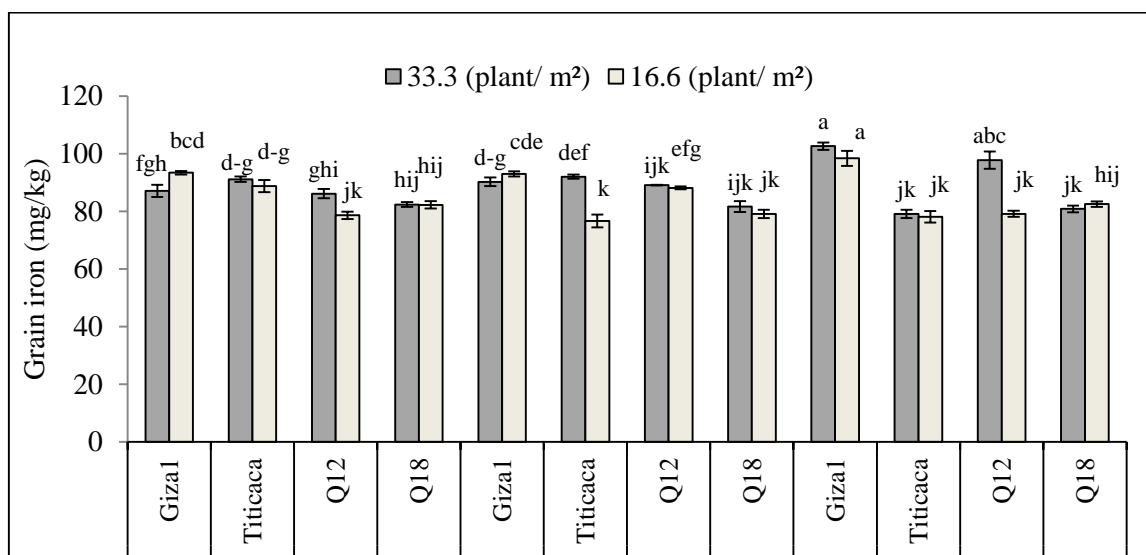
دانه، شاخص برداشت، ارتفاع بوته و طول دوره رسیدن کینوا دارد. با تعیین تاریخ کاشت مناسب می‌توان شرایطی را فراهم نمود که مراحل رشد رویشی و

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که تاریخ کاشت، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد

کینوا توانایی پوشش سطح زمین و جبران تراکم پایین را دارد. بر اساس نتایج، در منطقه جوپار کرمان با اقلیم معتدل سرد و در شرایط کشت دوم (پس از برداشت گندم و جو) می‌توان نسبت به زراعت کینوا با عملکرد دانه مطلوب اقدام نمود. رقم Q18 با وجود برخی برتری‌ها نسبت به سایر ارقام، به دلیل ورس شدید و ایجاد مشکل در برداشت توصیه نمی‌شود. بر اساس نتایج این پژوهش، رقم دیررس Q12 در تاریخ کاشت ۱۷ مرداد و رقم زودرس Giza1 در تاریخ کاشت اول شهریور برای منطقه مورد مطالعه توصیه می‌شود.

زایشی با دمای مناسب محیط مواجه شود و در نهایت گیاه با فتوسنتز حداکثر و بهره‌مندی مناسب از تشعشع، عناصر غذایی، رطوبت و فصل رشد عملکرد مطلوبی را تولید نماید. نتایج نشان داد که عملکرد دانه، وزن هزار دانه، پروتئین دانه، ارتفاع بوته و برخی صفات مورفولوژیک ارقام مختلف کینوا، بسته به طول دوره رشد هر رقم و تغییر تاریخ کاشت، متفاوت است. همچنین مشخص شد که بسته به طول دوره رویش و گروه رسیدن، تاریخ کاشت در ارقام مختلف کینوا با هم تفاوت دارد. تراکم ۱۶/۶ بوته در مترمربع توانست با تولید شاخه و خوشه بارور، عملکرد دانه معادل تراکم ۳۳/۳ بوته در مترمربع تولید نماید؛ بنابراین گیاه



شکل ۶ - میانگین آهن دانه کینوا، تحت تاثیر برهمکنش تاریخ کاشت، رقم و تراکم کاشت.

میله‌ها بیانگر خطای استاندارد میانگین هستند. میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر سال، بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد، اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 6. Interaction effects of planting date, cultivar and plant density on average of quinoa grain iron. Bars represent standard error of the mean. Averages with the same letter(s) in each year are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 5% of probability level.

مهندس فریدون آهنگری که با حمایت‌های مالی و معنوی زمینه اجرای این پژوهش کاربردی را فراهم آوردند سپاسگزاری می‌نمایند.

سپاسگزاری

نگارندگان از معاونت محترم بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی کرمان جناب آقای مهندس محمدرضا پورخاتون و مدیر محترم زراعت جناب آقای

REFERENCES

1. Aguilar, P. C. & Jacobsen, S. E. (2003). Cultivation of quinoa on the Peruvian altiplano. *Food Reviews International*, 19, 31-41.
2. AOAC. (2009). *Association of official analytical chemists*, Washington DC. 15th ed.

3. Ashok, P., Kumar, A. B., Reddy, V. S., Ramaiah, B., Sahrawat, K. L. & Pfeiffer, W. H. (2012). Genetic variability and character association for grain iron and zinc in sorghum germplasm accessions and commercial cultivars. *European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1, 66-70.
4. Bertero, H. D. & Ruiz, R. A. (2008). Determination of seed number in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *European Journal of Agronomy*, 28, 186-194.
5. Bendevis, M. A., Sun, Y., Rosenqvist, E., Shabala, S., Liu, F. & Jacobsen, S. E. (2014). Photoperiodic effects on short-pulse 14C assimilation and overall carbon and nitrogen allocation patterns in contrasting quinoa cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 104, 9-15.
6. Bhargava, A., Shukla, S. & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa* - An Indian perspective. *Industrial Crops and products*, 23, 73-87.
7. Bhargava, A., Shukla, S. & Ohri, D. (2007). Effect of sowing dates and row spacings on yield and quality components of quinoa (*Chenopodium quinoa*) leaves. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 77, 748-751.
8. Corraliza, M. G., Rplp, V., Lopez, M. L. & Moreno, G. (2019). *Wheat and barley can increase grain yield in shade through acclimation of physiological and morphological traits in Mediterranean conditions*. *Nature, Scientific reports*, 9, 9547.
9. Erazzu, L. E., Gonzalez, J. A., Buedo, S. E. & Prado, F. E. (2016). Effects of sowing density on *Chenopodium quinoa* (quinoa), Incidence on morphological aspects and grain yield in Var. CICA growing in Amaicha del Valle, *Tucuman, Argentina. Lilloa*, 53 (1), 12-22.
10. FAO, (2011). *Quinoa, An ancient crop to contribute to world food security*. Regional Office for Latin America and the Caribbean, 63 pp.
11. Fanaei, H. R., Keykha, G. H., Akbari Moghaddam, H., Modarress Najafabadi, S. & Naruoie Rad, M. R. (2005). Effects of planting method and seed rate on yield and yield components of rapeseed Hyola 401 hybrid in Sistan condition. *Seed and Plant Journal*, 21(3), 399-409.
12. 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 quinoa (*Chenopodium quinoa* - willd.) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 1222-1229.
13. Isobe, K., Ujie, K., Hitomi, S., Furuya, Y. & Ishii, R. (2012) Agronomic studies on quinoa (*Chenopodium quinoa*- willd.) cultivation in Japan—Effects of day and night temperature after flowering time on seed thickening. *Japanese journal of Crop Science*, 81, 167-172.
14. Jacobsen, S. E. (2011). The situation for quinoa and its production in Southern Bolivia: From economic success to environmental disaster. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 197, 390-399.
15. Kok, M., Ouma, J. P. & Ojwang, P. P. O. (2017). Effect of sowing date on grain quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in the Nile corridor agroecological zone of south Sudan. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 17(4), 12657-12677.
16. Kozioł, M. J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*. 5, 35-68.
17. Miranda, M., Vega-Galvez, A., Martinez, E. A., Lopez, J., Marin, R., Aranda, M. & Fuentes, F. (2013). Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: Nutritional and functional properties. *Journal of Agricultural Research*, 73, 108-116.
18. Najafinejad, H., Farzamnia, M & Javaheri, M. A. (2008). The effect of planting pattern on yield, agronomic characteristics and water use efficiency of grain maize. *Journal of Pajouhesh Va Sazandgi*. 2, 53-47. (In Persian).
19. Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E. A., Coulibaly, A., Canahua-Murillo, A., Pinto, M. & Zurita-Silva, A. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. *Agronomy for Sustainable Development*. 34, 349-359
20. Salehi, M. & Dehghani, F. (2018). *Guide to planting, holding and harvesting quinoa in saline conditions*. Agricultural research, education and extension organization. 96 pp. (In Persian).
21. Salehi, M., Soltani, V & Dehghani, F. (2019). The effect of planting date on phenological stages and grain yield of quinoa seeds in saline conditions. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*. 3: 932-923. (In Persian).
22. Sepahvand, N. A. (2016). Quinoa research and production prospect in Iran. *International Quinoa conference*. Dubai, 6-8 December.
23. Sief, A.S., Kamel, A. S. M. & Jacline, 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.

24. Shirinnejad, R., Torabi, M. & Mahmoudi, F. (2019). Study of quinoa cultivars in different planting dates and their effects on morphological, physiological and biochemical indices. *The Second International Conference and the Sixth National Conference on Organic and Conventional Agriculture*. Mohaghegh Ardabili University. (In Persian).
25. Spehar, C. R. & Rocha, J. E. S. (2009). Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the Brazilian savannah highlands. *Bioscience Journal*, 25, 53-58.
26. Spehar, C. R. & Santos, R. L. B. (2005). Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian savannah. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40, 609-612.
27. Szilagyi, L. & Jornsgard, B. (2014). *Preliminary agronomic evaluation of Chenopodium quinoa Willd. under climatic conditions of Romania*, Scientific Papers. Series A. Agronomy, University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, Faculty of Agriculture, Romania, 1, 339-343.
28. Tanguilig, V. C., Yambao, E. B., Toole, J. C. O. & DeDatta, S. K. (1987). Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. *Plant and Soil*, 103, 155, 1987.
29. Tausi, M & Sepahvand, N.A. (2014). The effect of planting date on yield and phenological and morphological characteristics of different genotypes of quinoa in Khuzestan. *The First International Congress and the 13th Iranian Genetics Congress*. Iranian Genetics Association. Tehran. (In Persian).
30. Yazdani, F., Allahdadi, I. & Akbari, G. A. (2007). Impact of super absorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(23), 4190-4196.