شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IDAJ.2021.342612.302

ارزیابی مقدماتی عملکرد دانه لاین‌های کینوا در کشت بهاره مناطق گرم و معتدل دیم

معصومه صالحی[1*] و سید سعید پورداد[2]

۱- مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی ، یزد، ایران

۲- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور(معاونت سرارود)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

چکیده

کینوا گیاهی از خانواده آمارانتاسه و بومی آمریکای جنوبی که به دلیل ارزش غذایی بالای دانه آن مورد توجه قرار گرفته است. شناسایی و معرفی گیاهان در الگوی کشت مناطق دیم به نزولات جوی، دمای مناسب رشد و تحمل به تنش خشکی بستگی دارد. با توجه به ویژگی‌های تحمل به تنش خشکی و تا حدی تحمل به سرما در گیاه کینوا، جهت ارزیابی مقدماتی در شرایط دیم بهاره در دو اقلیم گرم مرطوب گرگان و معتدل کرمانشاه در نظر گرفته شد. ۱۱ لاین کینوا با دوره رسیدگی متفاوت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقات عراقی محله گرگان و ایستگاه تحقیقات معاونت دیم سرارود(کرمانشاه)، در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶کشت شدند. نتایج مقایسه میانگین لاین‌ها در گرگان نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به لاین NSRCQ1، NSRCQ9 و NSRCQ6 بود. نتایج همبستگی و تجزیه به مولفه‌های اصلی در گرگان نشان داد که وزن هزار دانه بیشترین تاثیر را بر عملکرد دانه داشت. نتایج تجزیه کلاستر نیز نشان داد که دو لاین NSRCQ1 و NSRCQ9 به ترتیب با عملکرد دانه ۱۹۴ و ۲۰۹ گرم در مترمربع و وزن هزار دانه ۲/۵ و ۲/۶ گرم برتر بودند. نتایج مقایسه میانگین لاین‌ها در سرارود نشان داد که عملکرد لاین‌ها بین ۳۱ تا ۳۷ گرم در مترمربع متغیر بوده و لاین NSRCQ10 با ۳۷ گرم در مترمربع و وزن هزار دانه ۱/۳ گرم نسبت به سایر لاین‌ها برتری داشت. در سرارود کندی مراحل رشد به دلیل سرمای ابتدای فصل، گرما و خشکی انتهای فصل موجب کاهش عملکرد و وزن هزار دانه و نیاز به آبیاری تکمیلی گردید. عدم تطابق رژیم حرارتی و رطوبتی لاین‌های مورد بررسی، موجب کاهش عملکرد دانه در سرارود نسبت به گرگان شد. بطورکلی در گرگان و مناطقی با اقلیم مشابه کشت بهاره زود کاشت ارقام زودرس و غیرحساس به فتوپریود کینوا امکان پذیر است.

واژه‌های کلیدی: *Chenopodium quinoa*، دیم ، گرگان، سرارود

* نگارنده مسئول: salehimasomeh@gmail.com تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۰

مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa*) گیاهی دو لپه‌ای، یکساله، آلوتتراپلوئید (2n=4X=36)، متعلق به خانواده Amaranthaceae، سه کربنه و شورزیست اختیاری بوده که جزو شبه غلات دسته بندی می‌شود(Jacobsen, 2003). ارتفاع گیاه از ۰/۵ تا ۳ متر (بسته به ژنوتیپ و محیط) و اندازه دانه ۲ میلی متر و بذور آن میوه و دارای ژنوتیپ‌های حساس به طول روز و روز خنثی می‌باشد.طول دوره رشدی بسته به رقم و اقلیم بین ۱۰۰ تا ۲۴۰ روز گزارش شده است (Bhargava *et al.*, 2007). رنگ بذر سفید، زرد، قرمز، سیاه، قهوه‌ای و بنفش می‌باشد و جنین بذر حدود ۶۰ درصد از وزن بذر را تشکیل می‌دهد و مانند حلقه‌ای اطراف آندوسپرم بذر قرار گرفته است (Murphy *et al.*, 2018). ریشه اصلی گیاه دارای ریشه‌های فرعی فراوانی است. پانیکول گیاه انتهایی بوده و به رنگ-های سفید، بنفش، قرمز، سبز، پرتقالی و صورتی دیده می‌شود و دارای دو مدل گل هرمافرودیت و ماده است (Murphy *et al.*, 2018). کینوا از سطح دریا در شیلی تا ارتفاعات ۴۰۰۰ متری در بولیوی و در ۲ درجه شمالی در کلمبیا تا ۴۰ درجه جنوبی در شیلی کشت می‌گردد و با توجه به سازگاری بالای این گیاه در عرض‌های جغرافیایی بالاتر نیز (کانادا، آمریکای شمالی و اروپا) به عنوان گیاه جدید کشت می‌شود (Bazile, 2014). گیاه کینوا می‌تواند دامنه دمایی ۸- تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد را تحمل کند. تعداد نمونه‌های کینوا و خویشاوندان وحشی آن ۱۶۴۲۲ توده گزارش شده است که در ۵۹ بانک ژن در ۳۰ کشور نگهداری می‌شوند (Bazile, 2014; Murphy and Matanguihan, 2015).پروتیئن کینوا ۲۲-۸ درصد با کیفیت و تعادل مناسب از اسیدهای آمینه ضروری می‌باشد (Repo-Carrasco *et al.*, 2003). کینوا دارای میزان بالایی اسیدهای چرب، آنتی اکسیدان، اسیدهای آمینه ضروری و غنی از آهن، منیزیم، ویتامین و فاقد گلوتن است (Gordillo-Bastidas *et al.*, 2016).علاوه بر استفاده از دانه کینوا در تغذیه انسان، کاه و کلش و همچنین علوفه سبز آن نیز جهت تعلیف دام مورد استفاده قرار می-گیرد(Bazile, 2014).

میزان جهانی تولید کینوا ۱۵۸۹۲۰ تن و سطح زیر کشت آن ۱۷۸۳۱۳ هکتار گزارش شده است (FAO, 2018). عمده تولید کینوا در کشورهای بولیوی و پرو می‌باشد و با توجه به ارزش غذایی به عنوان یک گیاه جدید در نقاط مختلف اروپا، آمریکای شمالی، آفریقا، پاکستان، چین، امارات و هند مورد توجه قرار گرفته است و درسال ۲۰۱۵ سطح زیر کشت کینوا در فرانسه، انگلیس و اسپانیا ۵۰۰۰ هکتار بود (Bazile *et al.*, 2016). توسعه کشت کینوا در ایران از سال ۱۳۹۶ آغاز شد و سطح زیر کشت آن در سال ۱۳۹۸، ۴۰۰ هکتار با متوسط عملکرد ۱/۵ تن در هکتار بود (دفتر محصولات اساسی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸).

رژیم حرارتی و رطوبتی در تعیین تناسب اراضی قابل کشت دیم تاثیر گذار است (غفاری و همکاران، ۱۳۹۴). در مناطق دیم معرفی گیاه در

الگوی کشت دیم بستگی به نزولات جوی، دمای مناسب رشد و تحمل به تنش خشکی دارد.کینوا راهکارهای مختلفی برای مقابله با تنش خشکی، شامل مکانیسم فرار، افزایش عمق توسعه ریشه، کاهش سطح برگ و یا ریزش برگ‌ها دارد (Fghire *et al.*, 2013). تولید کینوا در مناطق مختلف بستگی به رقم، تاریخ کاشت، خاک و اقلیم منطقه دارد. گیرتس و همکاران (۲۰۰۸) حداکثر عملکرد کینوا در بولیوی در شرایط آبیاری کامل (۲۴۵ میلی‌متر آبیاری) را ۲/۰۴ تن در هکتار در شرایط کم آبیاری (۱۲۴ میلی‌متر آبیاری) ۲/۰۱ تن در هکتار و در شرایط دیم با ۳۱۸ میلی‌متر بارندگی ۱/۶۸ تن در هکتار گزارش نمودند. هریچ و همکاران (۲۰۱۴) در مراکش در شرایط آبیاری کامل عملکرد دانه کینوا را ۲/۹ تن در هکتار و در شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی ۱/۷ تن در هکتار گزارش کردند. عملکرد کینوا در ترکیه در شرایط آبیاری کامل با ۳۶۰ میلی‌متر آبیاری ۲/۹ تن در هکتار و در شرایط دیم با ۲۵۳ میلی‌متر بارندگی ۱/۷ تن در هکتار گزارش شده است (Yazar *et al.*, 2015). بررسی تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه در دو رقم Rainbow و Illpa نشان داد که تنش کمبود آب اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه ندارد و در شرایط تنش خشکی، توسعه ریشه افزایش و در مقابل میزان فعالیت فتوسنتزی، تعرق و هدایت روزنه‌ای کاهش یافت و رقمRainbow با افزایش میزان پرولین، گلوتامین، گلوتامات، پتاسیم و سدیم در شرایط تنش خشکی، ظرفیت تنظیم اسمزی گیاه بیشتر شده و کارایی مصرف آب افزایش یافت (Ali *et al.*, 2019). گارسیا (۲۰۰۳) میزان ضریب حساسیت به خشکی (Ky) را برای کینوا ۰/۶۷ بیان کردند که کمتر از پنبه بود (Garcia *et al.*, 2003). گارسیا و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که کینوا در بارندگی ۲۰۰-۱۰۰ میلی‌متر می‌تواند عملکرد قابل قبولی تولید کند. در مناطق دیم دمای پایین در ابتدای فصل موجب کاهش سرعت رشد اولیه گیاه شده و مراحل رشدی حساس کینوا (مرحله گلدهی و پرشدن دانه) را با تنش خشکی مواجه می‌سازد (García *et al.*, 2007).

میزان تحمل به سرما و یخ زدگی در کینوا به مرحله رشدی بستگی دارد. در مرحله دو برگی کینوا می‌تواند دمای ۸- °C را به مدت ۴-۲ ساعت بسته به رقم تحمل کند و در دمای ۴- °C میزان کاهش عملکرد دانه در مرحله دو برگی ۹٪ و در مرحله ۱۲ برگی و گلدهی به ترتیب ۵۱ و ۶۶ درصد گزارش شده است و یخبندان به مدت دو ساعت در مرحله گلدهی خسارت جبران ناپذیری را به گیاه وارد می‌کند (Jacobsen *et al.*, 2005). حساس‌ترین مرحله رشدی کینوا به یخ زدگی مرحله گلدهی است و در مراحل ابتدایی رشد تحمل بالاتری به سرما دارد (Nanduri *et al.*, 2019). با توجه به تحمل به تنش خشکی و تا حدی تحمل به سرما در گیاه کینوا می‌توان برای تنوع بخشی به الگوی کاشت اراضی دیم مورد توجه قرار گیرد. هدف این آزمایش بررسی مقدماتی لاین‌های با دوره رشدی متفاوت کینوا در کشت دیم بهاره زود کاشت در دو منطقه با اقلیم معتدل و سرد (گرگان و سرارود) با رژیم حرارتی، رطوبتی و فتوپریود متفاوت بود.

مواد و روش‌ها

ارزیابی ۱۱ لاین کینوا با دوره رسیدگی متفاوت با روش گزینش لاین خالص (از بین توده‌های دریافتی با منشا پرو و بولیوی) (جدول ۱) برمبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو منطقه اجرا شد. لاین‌ها در ۴ خط ۵ متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر در ۱ اسفند ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات عراقی محله گرگان و ۲۶ بهمن ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه با میزان بذر ۱۰ کیلوگرم در هکتار کشت گردید. عمق کاشت بذور حداکثر ۲ سانتی‌متر بصورت دستی انجام شد. بعد از سبز شدن بوته‌ها با فاصله ۵-۳ سانتیمتر تنک شدند و به تراکم ۸۰ بوته در متر مربع رسید. همراه با آماده کردن خاک ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم، ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره استفاده شد. در مرحله غنچه دهی و گرده افشانی هر مرحله همراه با بارندگی به میزان ۵۰ کیلوگرم کود اوره استفاده شد.

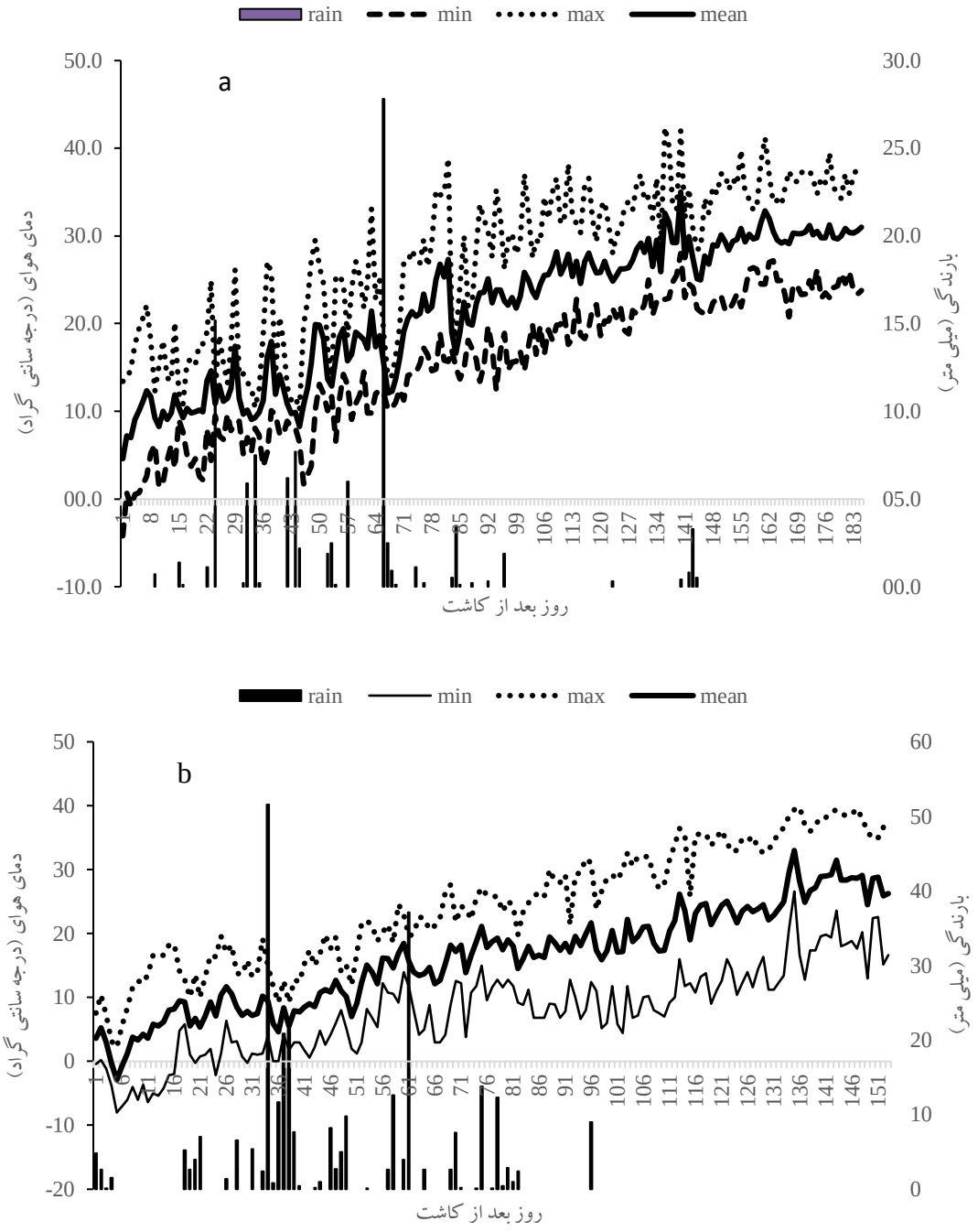
مدیریت علف‌های هرز در طول دوره رشدی بصورت دستی انجام گرفت. در مرحله گرده افشانی گرده خوار کلزا و شته در گرگان بر روی ارقام دیررس مشاهده شد. یک مرحله سم پاشی با دیازینون برای مبارزه با شته انجام شد. درطول فصل یادداشت برداری مراحل فنولوژیک شامل سبزشدن، مرحله غنچه‌دهی، مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی انجام شد. از هر کرت ۱۰ بوته انتخاب گردید و ارتفاع بوته، زیست توده، تعدادشاخه جانبی، وزن ساقه، وزن پانیکول و وزن هزار دانه و در سرارود ارتفاع بوته، طول پانیکول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. در مرحله رسیدگی زمانی که رطوبت دانه ۱۰ درصد بود، کل کرت بعد از حذف حاشیه‌ها برداشت و عملکرد دانه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد.

جدول۱- شماره و اسامی لاین‌های مورد بررسی کینوا در شرایط دیم بهاره زودکاشت

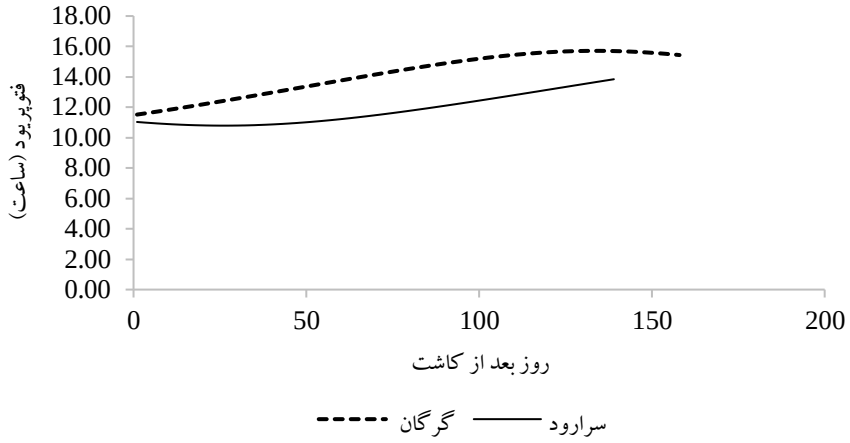
شماره لاین	اسم لاین	شماره لاین	اسم لاین	شماره لاین	اسم لاین	شماره لاین	اسم لاین
۱	NSRCQ1	۴	NSRCQ6	۷	NSRCQ9	۱۰	NSRCQ13
۲	NSRCQ2	۵	NSRCQ7	۸	NSRCQ10	۱۱	NSRCQ14
۳	NSRCQ5	۶	NSRCQ8	۹	NSRCQ12		

در ایستگاه گرگان حداقل، میانگین و حداکثر دما در طول دوره سبز ۰/۸-، ۹/۶ و ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی دریافتی در طول فصل ۹۸ میلی‌متر بود و بیشترین بارندگی ۶۶ روز بعد از کشت اتفاق افتاد و تا ۹۹ روز بعد از کاشت بارندگی ادامه داشت و در ۱۴۱ روز بعد از کاشت نیز ۳/۳ میلی‌متر بارندگی ثبت شد (شکل 1a). در سرارود حداقل، میانگین و حداکثر دما در طول دوره سبز ۸-، ۴/۴ و ۱۸/۴ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی در طول فصل ۲۹۷/۴ میلی‌متر بود و بارندگی‌ها تا ۹۶ روز بعد از کاشت ادامه داشته است (شکل 1b). در سرارود به دلیل تنش خشکی

در طول دوره گلدهی یک مرحله آبیاری بارانی در تاریخ ۷ خرداد ۱۳۹۶ انجام شد ولی در گرگان بصورت دیم بود. فتوپریود در زمان برداشت به ترتیب در گرگان و سرارود ۱۵/۸و ۱۴ ساعت بود (شکل ۲). درجه روزرشد مراحل مختلف رشدی با استفاده از تابع دندان مانند محاسبه گردید(Soltani et al., 2006). داده‌ها با نرم افزار SAS تجزیه شدند. تجزیه به مولفه های اصلی، همبستگی و کلاستر با نرم افزار Statgraphic انجام شد.



شکل۱- میانگین، حداقل و حداکثر دمای هوا و بارش در طول فصل کشت بهاره در سایت گرگان (a) و سرارود (b)



شکل۲- فتوپریود در طول دوره کشت کینوا در دو سایت گرگان و سرارود

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های کینوا در گرگان نشان داد اختلاف بین لاین‌ها از لحاظ عملکرد دانه، زیست توده، وزن هزار دانه و وزن ساقه معنی‌دار بود (جدول ۲). اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها از لحاظ وزن پانیکول و ارتفاع گیاه مشاهده نشد. نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها در سرارود نشان داد اختلاف بین لاین‌ها از لحاظ عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، طول پانیکول و وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین در گرگان نشان داد که عملکرد دانه لاین‌ها بین ۲۲ تا ۲۰۹ گرم در متر مربع متغیر بود و بیشترین عملکرد دانه مربوط به لاین ۷ و سپس ۱ بود که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، سپس لاین ۴ با کاهش معنی‌دار ۱۸ درصد نسبت به لاین ۷ قرار داشت (جدول ۴). تعداد شاخه جانبی بین ۴-۹ عدد بود. بیشترین تعداد شاخه جانبی با اختلاف معنی‌دار در لاین ۱ مشاهده شد. ارتفاع بوته بین ۱۲۴-۱۰۲ سانتی‌متر بود و بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه مربوط به لاین ۶ و ۲ بود ولی اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها مشاهده نشد. زیست توده تولید شده هر گیاه بین ۱۵۶-۵۷ گرم در هر گیاه بود و کمترین و بیشترین میزان مربوط به لاین ۱ و ۱۰ بود. لاین‌های ۷ و ۱ که دارای بیشترین عملکرد دانه بودند کمترین میزان زیست توده را داشتند. وزن هزار دانه نیز بین ۲/۶-۰/۷گرم بود و بیشترین وزن هزار دانه با اختلاف معنی‌دار در لاین ۷، ۸، ۱ و ۴ مشاهده شد. کمترین میزان در لاین ۹ مشاهده گردید. وزن پانیکول بین ۷۰ تا ۲۷ گرم در هر بوته بود و بیشترین وزن پانیکول در لاین ۸ و کمترین در لاین ۱ مشاهده شد. بیشترین و کمترین وزن ساقه ۹۰-۳۰ گرم بود که به ترتیب در لاین ۱۰ و ۱ مشاهده شد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌های سرارود نشان داد عملکرد لاین‌ها بین ۳۱ تا ۳۷ گرم در مترمربع بود. بیشترین عملکرد دانه در لاین شماره ۸ مشاهده شد (جدول ۴). ارتفاع بوته لاین‌ها بین ۹۴ تا ۱۲۷ سانتی‌متر بود. طول پانیکول ۱۹ تا ۲۷ سانتی‌متر و بیشترین طول پانیکول در لاین ۱۱ مشاهده شد. وزن هزار دانه لاین‌ها بین ۱/۶۲-۱/۳۰ گرم بود.

جدول۲- جدول تجزیه واریانس(میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده کینوا در شرایط دیم بهاره در سایت گرگان

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن ساقه	ارتفاع گیاه	وزن پانیکول	زیست توده	وزن هزار دانه	تعداد پانیکول جانبی
لاین	۱۰	۱۶۱۸۶**	۱۱۲۲**	۱۴۲^{ns}	۵۶۲^{ns}	۲۵۱۱**	۱/۳**	۶/۰**
تکرار	۲	۱۹۶^{ns}	۶۴۸^{ns}	۱۴۰۵**	۷۱۰^{ns}	۲۲۶۱**	۰/۹**	۳/۴^{ns}
اشتباه	۲۰	۳۸۵	۲۳۸	۱۷۹	۲۵۶	۲۵۰	۰/۱	۱/۳
CV	-	۲۱	۲۷	۱۱	۲۸	۱۴	۱۹	۱۶

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و معنی‌دار نیست.

جدول۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط دیم بهاره در سایت سرارود

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	ارتفاع گیاه	طول پانیکول	وزن هزار دانه
لاین	۱۰	۱۳/۱**	۳۰۳/۶**	۲۹/۷**	۰/۰۲۶**
تکرار	۲	۱/۱۱^{ns}	۱۵/۴^{ns}	۱۵/۸^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}
اشتباه	۲۰	۳/۵	۶۳/۶	۷/۰	۰/۰۰۳
CV	-	۵/۵	۶/۷	۱۱/۷	۳/۹

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و معنی‌دار نیست.

جدول۴-مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده کینوا در شرایط دیم بهاره در سایت گرگان و سرارود

منطقه	----------گرگان----------								----------سرارود----------				
لاین	عملکرد دانه ($g\ m^{-2}$)	تعداد پانیکول جانبی	ارتفاع گیاه (cm)	وزن پانیکول ($g\ plant^{-1}$)	زیست توده ($g\ plant^{-1}$)	وزن هزار دانه (g)	وزن ساقه ($g\ plant^{-1}$)	عملکرد دانه (g m-2)	ارتفاع گیاه (cm)	طول پانیکول (cm)	وزن هزار دانه (g)
۱	۱۹۴/۲ab	۹/۴۶ a	۱۰۴a	۲۷/۰b	۵۷f	۲/۵۰a	۳۰/۰f	۳۲/۸۷bcde	۱۲۷ab	۲۶/۰a	۱/۶۲a
۲	۲۲/۰e	۷/۳bc	۱۰۲a	۶۳/۳a	۱۲۹bc	۰/۸۳e	۶۵/۷bcd	۳۴/۲۶bcd	۱۱۲c	۲۰/۳bc	۱/۴۷bc
۳	۸۶/۴cd	۵/۴c	۱۰۹a	۴۸/۳ab	۱۰۲de	۱/۳۳cde	۵۳/۳bcde	۳۱/۰۲e	۹۴d	۲۰/۰c	۱/۴۲de
۴	۱۷۱/۴b	۸/۳ab	۱۱۷a	۷۰/۳a	۱۳۰ab	۲/۰۰abc	۶۰/۰bcd	۳۲/۴۱cde	۱۱۸abc	۱۹/۷c	۱/۵۲bc
۵	۱۰۲/۶c	۶/۹bc	۱۲۰a	۴۳/۳ab	۱۰۰de	۱/۶۷bcd	۵۶/۷bcde	۳۰/۵۶e	۱۱۷abc	۱۹/۰c	/۴۳cde ۱
۶	۱۲/۵e	۷/۰bc	۱۲۴a	۷۰/۰a	۱۴۹ab	۱/۶۷bcd	۷۹/۳ab	۳۴/۲۶bcd	۱۱۶bc	۱۹/۳c	۱/۵۳ab
۷	۲۰۹/۳a	۸/۷ab	۱۰۹a	۵۳/۳ab	۹۳e	۲/۶۰a	۴۰/۰e	۳۵/۱۹abc	۱۲۷ab	۲۱/۳bc	۱/۳۰f
۸	۱۱۰/۴c	۵/۹cd	۱۱۴a	۷۰/۰a	۱۰۳cde	۲/۴۰ab	۳۳/۳e	۳۷/۵۰a	۱۳۰a	۲۶/۳a	۱/۳۷ef
۹	۱۶/۷e	۸/۰ab	۱۱۹a	۶۰/۰a	۱۲۶bcd	۰/۷۰e	۶۶/۳bc	۳۵/۶۵ab	۱۲۶ab	۲۴/۷ab	۱/۳۷ef
۱۰	۱۹/۶e	۶/۸bc	۱۱۱a	۶۳/۳a	۱۵۶a	۱/۰۰de	۹۳/۰a	۳۴/۲۶bcd	۱۲۲abc	۲۴/۷ab	۱/۵۳ab
۱۱	۶۲/۸d	۴/۹d	۱۰۴a	۴۶/۷ab	۹۰e	۱/۴۰cde	۴۳/۳cde	۳۱/۹۴de	۱۲۱abc	۲۷/۰a	۱/۵۲bc

میانگین‌ها در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، از لحاظ آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

در گرگان روز تا گرده‌افشانی ۹۵-۷۱ روز بود که به ترتیب در لاین ۱ و ۱۰ مشاهده شد و سایر لاین‌ها ۸۶ روز بعد از کاشت شروع به گرده‌افشانی کردند. روز تا رسیدگی نیز بین ۱۵۸-۱۱۷ روز بود. میانگین و حداکثر دما به ترتیب در طی دوره پرشدن دانه در لاین‌های زودرس ۲۳/۶، ۳۰/۴ درجه سانتی‌گراد و در لاین‌های دیررس ۲۷/۱ ، ۳۳/۳ درجه سانتی‌گراد بود. لاین‌های دیررس علاوه بر تنش خشکی با تنش گرما نیز در طی دوره گرده‌افشانی و پرشدن دانه مواجه شدند (جدول ۵). دمای بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در طول دوره پرشدن دانه در کشت بهاره، موجب کاهش عملکرد و وزن هزار دانه می‌گردد (Nanduri *et al.*, 2019). لاین‌های مورد بررسی درجه روز رشد تجمعی تا زمان گلدهی ۱۱۸۷-۷۲۰ درجه روز رشد و تا زمان رسیدگی ۱۶۹۸-۹۵۸ درجه روز رشد نیاز داشتند. در سرارود روز تا گلدهی لاین‌ها بین ۱۲۴ تا ۱۲۸ روز بود که طولانی‌تر از روز تا گلدهی در کشت بهاره دیم گرگان بود و روز تا رسیدگی ۱۳۶ تا ۱۴۳ روز بود (جدول ۵). در سرارود گیاه دیرتر وارد فاز گلدهی شده است و درجه روز رشد مورد نیاز لاین‌ها ۱۵۲۳-۱۴۴۸ درجه روز رشد بود، در حالی که در گرگان تا این مرحله ۱۱۸۷-۷۲۰ واحد بود. درجه روز رشد مورد نیاز تا مرحله رسیدگی در سرارود ۱۶۹۴-۱۶۲۰ بسته به لاین متفاوت بود که بسیار نزدیک به درجه روز رشد مورد نیاز در گرگان بود. تفاوت اصلی دو مکان در درجه روز رشد تا گرده‌افشانی بود. درجه روز رشد تجمعی برای لاین NSRCQ1 تا زمان گرده‌افشانی در تاریخ کاشت شهریور و اول اسفند در یزد به ترتیب ۵۲۳ و ۶۵۳ درجه روز رشد بود (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸a). درجه روز رشد مورد نیاز تا گرده‌افشانی در شرایط شور استان یزد در لاین‌های زودرس و دیررس به ترتیب ۱۰۲۵ و ۱۵۲۴ درجه رشد بود و لاین‌های دیررس وزن هزار دانه و عملکرد کمتری داشتند (Nanduri *et al.*, 2019 وصالحی، ۱۳۹۸b). درجه روز رشد مورد نیاز در کشت پاییزه کینوا در گرگان در لاین‌های زودرس و دیررس به ترتیب ۶۲۳ و ۱۰۶۸ درجه روز رشد بود (صالحی و همکاران، ۱۳۹۹). گزارشات نشان داده است که افزایش درجه روز رشد از ۶۰۰ درجه در لاین‌های زودرس تا زمان گرده‌افشانی موجب برخورد به دمای بالا در زمان گرده‌افشانی و پرشدن دانه می‌شود (صالحی و همکاران، ۱۳۹۹؛ صالحی و همکاران، ۱۳۹۸a؛ Nanduri *et al.*, 2019؛ صالحی، ۱۳۹۸b).

در کشت بهاره گرگان ارقام زودرس دانه درشت‌تری داشتند در حالی در سرارود وزن هزار دانه زیر ۲ گرم و حداکثر ۱/۶ گرم بود. طول دوره رشد بهاره در سرارود طولانی‌تر از گرگان بود. لاین ۱ از کاشت تا گرده افشانی در گرگان ۷۱ و در سرارود ۱۲۴ روز بود. از آنجایی که آخرین بارندگی ۹۶ روز بعد از کاشت بود آبیاری تکمیلی انجام شد. سرما در اوایل فصل رشد کینوا در سرارود موجب کندی و تاخیر در گرده افشانی گردید. میانگین دما در گرگان و سرارود از اسفند تا اردیبهشت ۲/۵ تا ۳/۷ درجه سانتی‌گراد اختلاف داشت.

جدول۵- روز تا گرده‌افشانی، روز تا رسیدگی و GDD مورد نیاز کینوا در کشت بهاره دیم زودکاشت در سایت گرگان و سرارود

منطقه	----------گرگان----------					----------سرارود----------			
لاین	روز تا گرده افشانی	روز تا رسیدگی	GDD روز تا گرده-افشانی	GDD کل دوره	GDD پرشدن دانه	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	GDD روز تا گرده-افشانی	GDD روز تا رسیدگی
۱	۷۱	۱۱۷	۷۲۰	۱۶۷۸	۹۵۸	۱۲۴	۱۳۹	۱۳۵۳	۱۶۹۴
۲	۸۶	۱۳۷	۱۰۰۷	۲۱۶۶	۱۱۵۹	۱۲۵	۱۳۹	۱۳۷۴	۱۶۹۴
۳	۸۶	۱۳۷	۱۰۰۷	۲۱۶۶	۱۱۵۹	۱۲۷	۱۳۶	۱۴۱۶	۱۶۲۰
۴	۸۶	۱۳۷	۱۰۰۷	۲۱۶۶	۱۱۵۹	۱۲۸	۱۳۹	۱۴۳۷	۱۶۹۴
۵	۸۶	۱۵۸	۱۰۰۷	۲۷۰۵	۱۶۹۸	۱۲۴	۱۴۰	۱۳۵۳	۱۶۹۴
۶	۸۶	۱۵۸	۱۰۰۷	۲۷۰۵	۱۶۹۸	۱۲۵	۱۳۸	۱۳۷۴	۱۶۶۸
۷	۸۶	۱۳۷	۱۰۰۷	۲۱۶۶	۱۱۵۹	۱۲۵	۱۳۸	۱۳۷۴	۱۶۶۸
۸	۸۶	۱۳۷	۱۰۰۷	۲۱۶۶	۱۱۵۹	۱۲۵	۱۳۹	۱۳۷۴	۱۶۲۰
۹	۸۶	۱۵۸	۱۰۰۷	۲۷۰۵	۱۶۹۸	۱۲۴	۱۳۹	۱۳۵۳	۱۶۹۴
۱۰	۹۵	۱۵۸	۱۱۸۷	۲۷۰۵	۱۵۱۸	۱۲۵	۱۴۱	۱۳۷۴	۱۶۹۴
۱۱	۸۶	۱۳۷	۱۰۰۷	۲۱۶۶	۱۱۵۹	۱۲۴	۱۴۰	۱۳۵۳	۱۶۹۴

این دو مکان بیشترین اختلاف را در دمای حداقل داشتند که در طول شب اتفاق افتاد. میانگین حداکثر دما در طول دوره پرشدن دانه در گرگان ۳۰ و در سرارود ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود (جدول۶). میانگین حداکثر دما در لاین‌های زودرس در پرشدن دانه در سرارود ۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از گرگان بود. میانگین دما در طول دوره گرده‌افشانی در لاین‌های زودرس و دیررس به ترتیب در گرگان ۲۰، ۲۶ و در سرارود ۲۳ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد بود. روند افزایش دما در گرگان و سرارود به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۱۷ به ازای هر روز بود. سرمای هوا در مراحل ابتدایی و روند افزایش دما در سرارود موجب گردید لاین‌ها با دمای میانگین و حداکثر ۲۷ و ۳۶ درجه در طول دوره پرشدن دانه مواجه شود. صالحی و همکاران (۱۳۹۸a) بیان کردند افزایش یک درجه میانگین دما در دوره پرشدن دانه موجب کاهش عملکرد دانه به میزان ۱۰۸ کیلوگرم در هکتار می‌شود و افزایش ۱۰ درجه میانگین دما در طول دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه ۱/۴ گرم کاهش می‌یابد. دمای هوا در بازه زمانی ۱۰ صبح تا ۲ بعد از ظهر نقش مهمی در گرده افشانی و زنده‌مانی گرده‌ها دارد (Murphy and Matanguihan, 2015). بسیاری از گیاهان مانند لوبیا (Gross and Kigel, 1994)، نخود (Devasirvatham *et al.*, 2013) و سورگوم (Prasad and Djanaguiraman, 2011) در مرحله گلدهی به دمای بالا حساس هستند. دمای بالا در مرحله گلدهی و پرشدن دانه کینوا موجب کاهش عملکرد و سایز دانه می‌شود. مطالعات اخیر نشان داده است که در دمای بالا

(۴۰/۲۴°C) باروری دانه گرده تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد (Hinojosa *et al.*, 2019) ولی موجب بسته ماندن گل‌های هرمافرودیت و کاهش گرده برای گل‌های ماده می‌شود و موجب افزایش زیست توده گیاه و کاهش عملکرد دانه و تاخیر در رسیدگی می‌شود (Tovar *et al.*, 2020). در این تحقیق نیز لاین‌های دیررس زیست توده و ارتفاع بیشتری نسبت به لاین‌های زودرس داشتند. همچنین دمای بالای شب (۲۰°C-۲۲) در این مرحله موجب کاهش سایز دانه به میزان ۳۱-۲۳ درصد شد (Lesjak and Calderini, 2017).

کینوا گیاهی حساس به فتوپریود است و طول روز طولانی موجب افزایش GDD تجمعی و طولانی‌تر شدن فصل رشد می‌گردد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸a). فتوپریود تا زمان گرده‌افشانی و پرشدن دانه در گرگان بیشتر از سرارود بود، بنابراین طولانی بودن روز تا گلدهی و طولانی شدن فصل رشد در سرارود تحت تاثیر دما بود (جدول ۶).

جدول۶- فتوپریود، حداکثر دما، میانگین دما، فتوپریود و درجه روز رشد تجمعی لاین‌های زودرس و دیر رس کینوا در دو مرحله گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در دو سایت گرگان و سرارود

مکان	لاین	روز تا گلدهی	مرحله گلدهی				رسیدگی فیزیولوژیک				
			درجه روز رشد تجمعی	فتوپریود (ساعت)	حداکثر دما (°C)	میانگین دما (°C)	روز تا رسیدگی	فتوپریود (ساعت)	حداکثر دما (°C)	میانگین دما (°C)	میانگین حداکثر دما در طول دوره پرشدن دانه
گرگان	زودرس	۷۱	۷۲۰	۱۴/۱۹	۲۷/۰	۲۰/۵	۱۱۷	۱۵/۶	۳۲/۱	۲۶/۸	۲۹/۵
	دیررس	۹۵	۱۱۸۷	۱۵/۰۴	۲۶/۵	۲۲/۵	۱۵۸	۱۵/۴	۳۳/۴	۲۹/۸	۳۰
سرارود	زودرس	۱۲۴	۱۳۶۸	۱۳/۳	۳۴/۸	۲۳/۵	۱۳۶	۱۳/۷	۳۷/۰	۲۴/۹	۳۵/۹
	دیررس	۱۲۸	۱۴۴۹	۱۳/۴	۳۲/۶	۲۴/۵	۱۴۱	۱۳/۸	۳۸/۲	۲۸/۹	۳۵/۴

بررسی رابطه همبستگی بین صفات در کشت بهاره گرگان نشان داد که عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌داری با وزن هزار دانه داشت (**r=0.862). رابطه عملکرد دانه با روز تا رسیدگی (*r=-0.668) و وزن زیست توده (*r=-0.679) منفی و معنی‌دار بود. وزن ساقه نیز با روز تا رسیدگی رابطه مثبت و معنی‌دار داشت (*r=0.768). رابطه وزن پانیکول با روز تا گرده افشانی مثبت و معنی‌دار بود (*r=0.664) (جدول ۷). رابطه همبستگی بین صفات ۲۵ ژنوتیپ کینوا در مناطق مدیترانه‌ای که تاریخ کشت بصورت بهاره است نشان داد که رابطه بین وزن هزار دانه، زیست توده با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار است، در حالی که رابطه عملکرد دانه با ارتفاع بوته و روز تا رسیدگی منفی و معنی‌دار بود (De Santis *et al.*, 2016).

جدول۷- رابطه همبستگی بین صفات اندازه گیری شده در شرایط دیم بهاره در سایت گرگان

صفات	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد شاخه جانبی	وزن پانیکول	زیست توده	وزن ساقه	ارتفاع بوته	روز تا گرده افشانی	روز تا رسیدگی
عملکرد دانه	۱								
وزن هزار دانه	۰/۸۶۲**	۱							
تعداد شاخه جانبی	۰/۵۰۸	۰/۳۵۵	۱						
وزن پانیکول	-۰/۴۱۴	-۰/۲۳۴	-۰/۱۸۶	۱					
زیست توده	-۰/۶۷۹*	-۰/۵۸۰	-۰/۱۵۶	۰/۸۱۹**	۱				
وزن ساقه	-۰/۷۱۹*	-۰/۶۹۷*	-۰/۹۶	۰/۵۱۹	۰/۹۱۶**	۱			
ارتفاع بوته	-۰/۰۲۷	۰/۰۹۹	۰/۱۰۳	.۰/۰۹۰	۰/۱۷۷	۰/۲۰۱	۱		
روز تا گرده افشانی	-۰/۵۴۱	-۰/۵۰۶	-۰/۴۹۵	۰/۶۶۴*	۰/۷۷۱**	۰/۶۸۲*	-۰/۰۷۳	۱	
روز تا رسیدگی	-۰/۶۶۸*	-۰/۵۵۳	-۰/۲۳۹	۰/۴۶۲	۰/۷۳۲*	۰/۷۶۸**	۰/۴۱۷	۰/۷۱۱*	۱

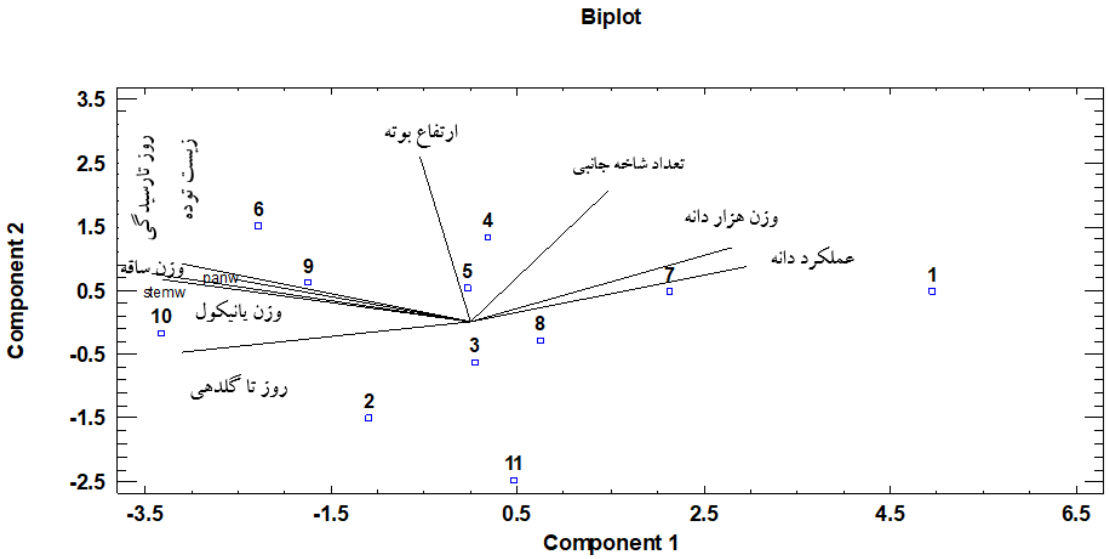
مقادیر ریشه‌های مشخصه نسبت واریانس توجیه شده توسط هر مؤلفه و کل واریانس توجیه شده در جدول ۸ آمده است. بر اساس تجزیه انجام شده دو مؤلفه نخست با مقادیر ویژه بیشتر از یک، ۷۱ درصد از کل واریانس را توضیح دادند ریشه‌های دو مؤلفه به ترتیب ۵/۰۲ و ۱/۴۰ بودند که به ترتیب ۵۶ و ۱۵درصد و در مجموع ۷۱ درصد از کل واریانس را در بین لاین‌های کینوا برای صفات مورد بررسی مهم‌تر از نظر ارتباط با عملکرد دانه تبیین کردند. در مؤلفه اول بیشترین تاثیر هم جهت با عملکرد را وزن هزار دانه و در خلاف جهت زیست توده داشت و در مؤلفه دوم ارتفاع گیاه هم جهت و روز تا گلدهی در جهت مخالف بیشترین تاثیر را داشت. در نمایش بای پلات هرچه زاویه خطوط با یکدیگر کمتر باشد نشان دهنده همبستگی بالاتر است (شکل ۳). تعداد شاخه جانبی و ارتفاع بوته با سایر صفات هم جهت نبوده و در جدول همبستگی نیز رابطه معنی‌داری با سایر صفات نداشتند. روز تا گلدهی، زیست توده، وزن پانیکول و روز تا رسیدگی هم جهت و در خلاف جهت عملکرد دانه و وزن هزار دانه قرار داشتند. لاین‌های ۱ و ۷ هم جهت با عملکرد دانه و وزن هزار دانه و بیشترین میزان از نظر مولفه اول و دوم را داشتند.

دندوروگرام حاصل از کلاستر ۱۱ لاین کینوا بر اساس صفات استاندارد شده در شکل ۴ آمده است. این تجزیه به روش وارد (Ward) و براساس مربع فاصله اقلیدسی به عنوان معیار تشابه انجام گرفت و در محلی که اختلاف بین گروه‌ها معنی-دار شد، ۴ گروه تشکیل شد. گروه یک که فقط لاین ۱ در آن قرار داشت زودرس‌ترین لاین با عملکرد دانه ۱۹۴ گرم در متر مربع بود. لاین ۲، ۶، ۹ و ۱۰ در گروه ۲ کمترین میزان عملکرد دانه را داشتند این لاین‌ها دیررس‌ترین لاین‌ها بودند و بیشترین زیست توده را داشتند. گروه ۴ نیز شامل لاین ۳، ۵ و ۱۱ بودند و وزن هزار دانه حدود ۱/۵

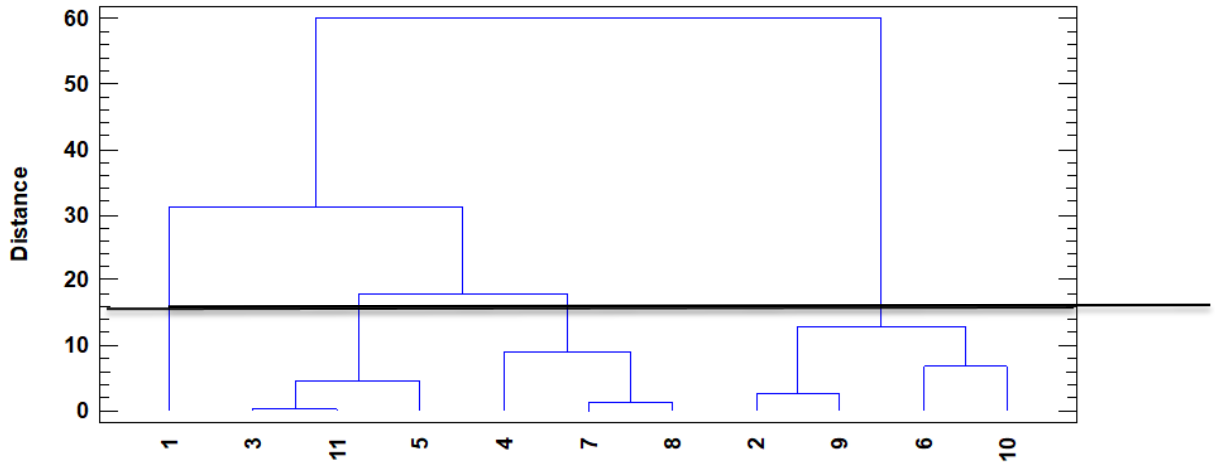
گرم بود. لاین۴، ۷ و ۸ در گروه ۴ قرار گرفتند این گروه وزن هزار دانه و عملکرد دانه نزدیک به لاین ۱ را داشتند و ۲۰ روز دیررس‌تر از لاین ۱ بودند (جدول ۹). پراکنش گروه‌های کلاستر بر اساس صفت وزن هزار دانه که بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت، نشان داد که دو لاین ۱ و ۷ از نظر این دو صفت برتر بودند گرچه این دو لاین در دو گروه رسیدگی مختلف قرار داشتند (شکل ۵).

جدول۸- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مختلف زراعی لاین‌های کینوا در کشت بهاره در سایت گرگان

صفات	ترکیبات	
	۱	۲
تعداد شاخه جانبی	۰/۱۸	۰/۵۲
وزن پانیکول	-۰/۳۰	۰/۱۶
ارتفاع گیاه	-۰/۰۶۶	۰/۶۰
عملکرد دانه	۰/۳۸	۰/۲۳
وزن ساقه	-۰/۳۹	۰/۱۶
وزن هزار دانه	۰/۳۳	۰/۲۹
زیست توده	-۰/۴۱	۰/۱۸
روز تا رسیدگی	-۰/۳۷	/۲۲
روز تا گرده افشانی	-۰/۳۷	-۰/۱۱
مقادیر ویژه	۵/۰۵	۱/۴۰
درصد	۵۶/۲	۷۱/۸



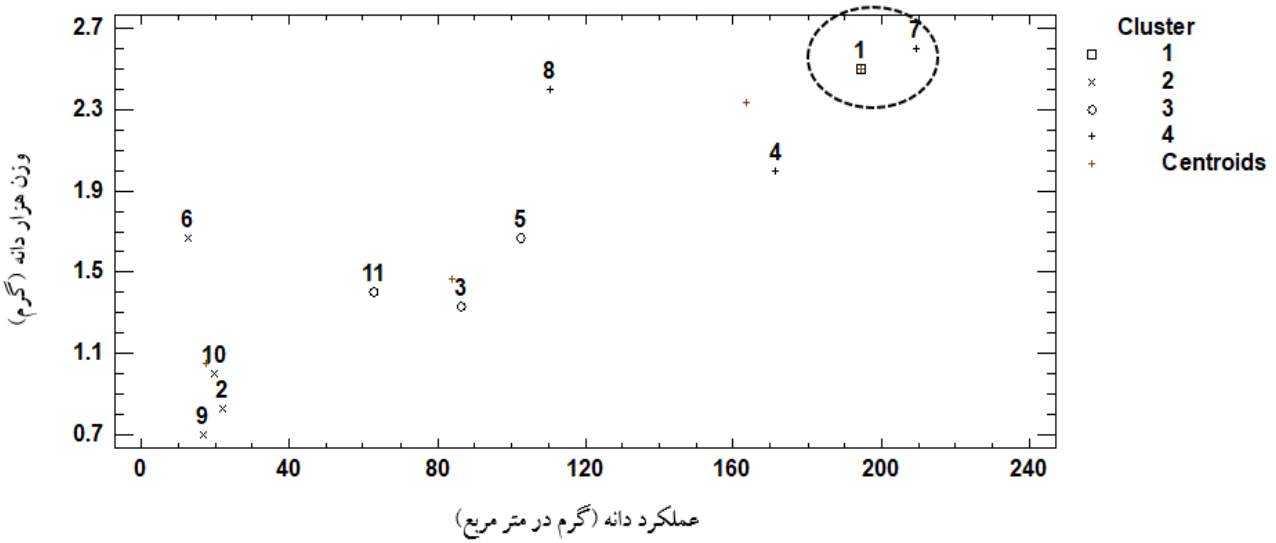
شکل۳- تجزیه بای پلات صفات اندازه‌گیری شده ۱۱ ژنوتیپ کینوا در کشت بهاره در سایت گرگان (اعداد داخل شکل شماره لاین‌ها هستند)



شکل۴-گروه بندی ۱۱ لاین کینوا بر اساس صفات اندازه گیری شده به روش Wards در کشت بهاره در سایتگرگان

جدول۹- لاین‌های قرار گرفته در هر گروه کلاستر و میانگین صفات اندازه‌گیری شده در کشت بهاره در سایت گرگان

کلاستر	ژنوتیپ	زیست توده (گرم در گیاه)	عملکرد دانه ($g\ m^{-2}$)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن ساقه (گرم در گیاه)	روز تا گرده افشانی	روز تا رسیدگی
۱	۱	۵۷	۱۹۴/۲	۲/۵	۳۰	۷۱	۱۱۷
۲	۲-۶-۹-						
	۱۰	۱۴۰	۱۷/۷	۱/۱	۷۶	۸۸	۱۵۲
۳	۳-۵-۱۱	۹۷	۸۳/۹	۱/۵	۵۱	۸۶	۱۴۴
۴	۴-۷-۸	۱۰۸	۱۶۳/۷	۲/۳	۴۴	۸۶	۱۳۷

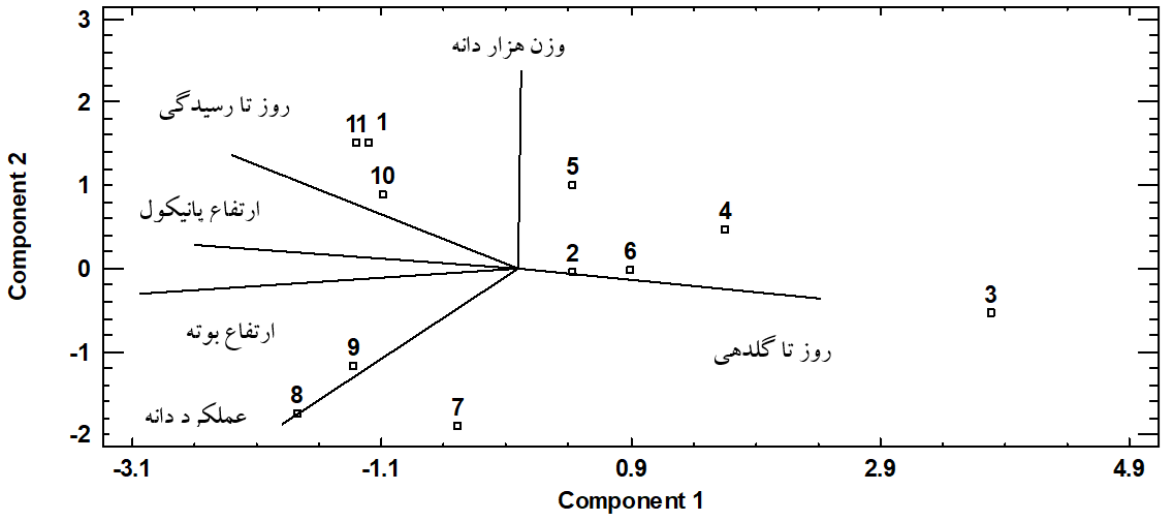


شکل۵- پراکنش گروه‌های کلاستر براساس روش وارد (ward) لاین‌های کینوا در کشت بهاره زود کاشت در سایت گرگان بر اساس دو صفت وزن هزار دانه و عملکرد (اعداد داخل شکل شماره لاین‌ها هستند)

بررسی تجزیه به مولفه‌های اصلی در سرارود نشان داد که بر اساس تجزیه انجام شده دو مؤلفه نخست با مقادیر ویژه بیشتر از یک،۷۱ درصد از کل واریانس را توضیح دادند و ریشه‌های دو مؤلفه به ترتیب ۲/۷ و۱/۴ بودند که این دو مؤلفه به ترتیب ۴۶ و ۲۴ درصد و در مجموع ۷۱ درصد از کل واریانس را در بین لاین‌های کینوا برای صفات مورد بررسی مهم‌تر از نظر ارتباط با عملکرد دانه تبیین کردند. در مؤلفه اول بیشترین سهم را روز تا گرده‌افشانی در جهت مخالف و ارتفاع بوته در جهت موافق داشت و در مؤلفه دوم وزن هزار دانه در جهت مخالف بیشترین تاثیر را داشت (جدول ۱۰ و شکل ۶).

جدول ۱۰- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مختلف زراعی لاین‌های کینوا در کشت بهاره در سایت سرارود

صفات	ترکیبات	
	۱	۲
طول پانیکول	-۰/۴۶۸	۰/۰۸۰
ارتفاع گیاه	-۰/۵۴۵	-۰/۰۹۱
عملکرد دانه	-۰/۳۴۹	-۰/۵۶۲
وزن هزار دانه	۰/۰۰۴	۰/۷۰۶
روز تا رسیدگی	-۰/۴۱۴	۰/۳۹۸
روز تا گرده افشانی	۰/۴۳۵	۰/۱۰۶
مقادیر ویژه	۲/۷۷	۰/۴۸
درصد	۴۶/۲۵	۷۱/۰۵



شکل۶- تجزیه بای پلات صفات اندازه‌گیری شده ۱۱ لاین کینوا در کشت بهاره در سایت سرارود (اعداد داخل شکل شماره لاین‌ها هستند)

نتیجه گیری کلی

نتایج نشان داد که رژیم حرارتی و رطوبتی برای تولید دانه لاین‌های مورد بررسی کینوا در کشت بهاره زود کاشت در سرارود (اقلیم سرد) مناسب نبود با این‌حال پیشنهاد می‌گردد میزان تولید بیوماس لاین‌ها به عنوان علوفه در این اقلیم مورد بررسی قرار گیرد. در گرگان (اقلیم گرم و مرطوب) کشت بهاره زود کاشت دیم با ارقام زودرس و غیرحساس به فتوپریود امکان پذیر است. در بین صفات مورد بررسی وزن هزار دانه بیشترین همبستگی با عملکرد دانه را داشت. در تجزیه کلاستر نیز لاین‌های زودرس با بیشترین وزن هزار دانه و کمترین تجمع زیست توده برتر بودند. در گرگان بر اساس عملکرد و وزن هزار دانه لاین‌های NSRCQ 1 و NSRCQ 9 انتخاب گردیدند.

منابع

بی نام، ۱۳۹۸. دفتر محصولات اساسی وزارت جهاد کشاورزی. مکاتبه شخصی

صالحی معصومه ، سلطانی ولی ، دهقانی فرهاد. ۱۳۹۸a. تأثیر تاریخ کاشت بر مراحل فنولوژی و عملکرد دانه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) در شرایط شور. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۲: ۹۳۲-۹۲۳.

صالحی معصومه. ۱۳۹۸b.گزینش لاین‌های کینوا در کشت بهاره تحت تنش شوری. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. شماره فروست. ۵۶۲۱۰.

صالحی معصومه. ۱۳۹۹. مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد لاین‌های مختلف کینوا (*Chenopodium quinoa*) در کشت دیم پاییزه شهرستان گرگان. نشریه تولید گیاهان زراعی. پذیرش.

غفاری عبدالعلی، قاسمی وحیدرضا، دپانو ادی. ۱۳۹۴. پهنه بندی اقلیم کشاورزی ایران با روش یونسکو. نشریه زراعت دیم ایران ۴(۱): ۶۳-۹۵.

Ali OI, Fghire R, Anaya F, Benlhabib O, Wahbi S. 2019. Physiological and Morphological Responses of two Quinoa Cultivars (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Drought Stress. Gesunde Pflanzen 71: 123-133.

Bazile D. 2014. State of the art report on quinoa around the world in 2013. In: Bazile, D (Ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Santiago, Chile.605 p.

Bazile D, Pulvento C, Verniau A, Al-Nusairi MS, Ba D, Breidy J, Hassan L, Mohammed MI, Mambetov O, Otambekova M, Sepahvand NA, Shams A, Souici D, Miri K, Padulosi S. 2016. Worldwide Evaluations of Quinoa: Preliminary Results from Post International Year of Quinoa FAO Projects in Nine Countries. Frontiers in Plant Science 7.

Bhargava A, Shukla S, Ohri D. 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field crops research 101: 104-116.

De Santis G, D'Ambrosio T, Rinaldi M, Rascio A. 2016. Heritabilities of morphological and quality traits and interrelationships with yield in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes in the Mediterranean environment. Journal of Cereal Science 70: 177-185.

Devasirvatham V, Gaur PM, Mallikarjuna N, Raju TN, Trethowan RM, Tan DK. 2013. Reproductive biology of chickpea response to heat stress in the field is associated with the performance in controlled environments. Field Crops Research 142: 9-19.

FAOSTAT. 2018. http://www.fao.org/faostat/en/.

Fghire R, Ali OI, Anaya F, Benlhabib O, Jacobsen S-E, Wahbi S. 2013. Protective antioxidant enzyme activities are affected by drought in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Journal of biology, agriculture and healthcare 3: 62-68.

Garcia M, Raes D, Jacobsen S-E. 2003. Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. Agricultural water management 60: 119-134.

García M, Raes D, Jacobsen S-E, Michel T. 2007. Agroclimatic constraints for rainfed agriculture in the Bolivian Altiplano. Journal of Arid Environments 71: 109-121.

Geerts S, Raes D, Garcia M, Vacher J, Mamani R, Mendoza J, Huanca R, Morales B, Miranda R, Cusicanqui J. 2008. Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). European Journal of Agronomy 28: 427-436.

Gordillo-Bastidas E, Díaz-Rizzolo D, Roura E, Massanés T, Gomis R. 2016. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), from nutritional value to potential health benefits: an integrative review. Journal of Nutrition & Food Sciences 6.

Gross Y, Kigel J. 1994. Differential sensitivity to high temperature of stages in the reproductive development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research 36: 201-212.

Hinojosa L, Matanguihan JB, Murphy KM. 2019. Effect of high temperature on pollen morphology, plant growth and SY in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Agronomy and Crop Science 205: 33-45.

Hirich A, Choukr-Allah R, Jacobsen SE. 2014. Deficit Irrigation and Organic Compost Improve Growth and Yield of Quinoa and Pea. Journal of Agronomy and Crop Science: 390-398.

Jacobsen SE. 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International 19: 167-177.

Jacobsen SE, Monteros C, Christiansen JL, Bravo LA, Corcuera LJ, Mujica A. 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. European Journal of Agronomy 22: 131-139.

Lesjak J, Calderini DF. 2017. Increased night temperature negatively affects grain yield, biomass and grain number in Chilean quinoa. Frontiers in Plant Science 8: 352.

Murphy KM, Matanguihan JB, Fuentes FF, Gómez-Pando LR, Jellen EN, Maughan PJ, Jarvis DE. 2018. Quinoa breeding and genomics. Plant Breeding Reviews 42: 257-320.

Murphy KS, Matanguihan J. 2015. Quinoa: Improvement and sustainable production. John Wiley & Sons. 258 p.

Nanduri KR, Hirich A, Salehi M, Saadat S, Jacobsen SE. 2019. Quinoa: A New Crop for Harsh Environments. In: Gul, B, Böer, B, Khan, MA, Clüsener-Godt, M, and Hameed, A (Eds.), Sabkha Ecosystems: Volume VI: Asia/Pacific. Springer International Publishing, Cham, pp. 301-333.

Prasad PV, Djanaguiraman M. 2011. High night temperature decreases leaf photosynthesis and pollen function in grain sorghum. Functional Plant Biology 38: 993-1003.

Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen S-E. 2003. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International 19: 179-189.

Soltani A, Hammer GL, Torabi B, Robertson MJ, Zeinali E. 2006. Modeling chickpea growth and development: Phenological development. Field Crops Research 99: 1-13.

Tovar JC, Quillatupa C, Callen ST, Castillo SE, Pearson P, Shamin A, Schuhl H, Fahlgren N, Gehan MA. 2020. Heating quinoa shoots results in yield loss by inhibiting fruit production and delaying maturity. The Plant Journal 102: 1058-1073.

Yazar A, Incekaya Ç, Sezen SM, Jacobsen SE. 2015. Saline water irrigation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under Mediterranean conditions. Crop and Pasture Science 66: 993-1002.

DOI: 10.22092/IDAJ.2021.342612.302

Preliminary evaluation of the quinoa grain yield under rainfed spring cropping in warm and temperate regions

Masoumeh Salehi[1*] , Seyyed Saeid Pourdad[2]

1- National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

2-Dryland Agricultural Research Institute, Sararood Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.

Abstract

Chenopodium quinoa is a plant in Amaranthaceae family, and native to South America, it considered because of high nutritional value. The introduction of the plant in the cultivation pattern of rainfed areas depends on precipitation, suitable temperature of growth and tolerance to drought stress. Because of drought and cold tolerance, quinoa was considered for preliminary evaluation in early spring rainfed conditions in two warm and humid and temperate climates. Eleven quinoa Lines with different maturity periods was cultivated based on randomized complete block design with three replications in the Iraqi Mahaleh Research Station of Gorgan and the Research Station of the Deputy of dryland Agriculture of Sararud (Kermanshah), in 2016-2017 cropping season. The results of mean comparison in Gorgan showed that the highest seed yield (SY) was related to NSRCQ1 and NSRCQ9 lines and then NSRCQ6, which had a significant difference with NSRCQ9. The results of correlation and the main components analysis showed that the thousand seed weight (TSW) had the greatest effect on SY. The results of cluster analysis showed that the NSRCQ1 and NSRCQ9 with 194 and 209 g m^{-2} SY and 2.5 and 2.6 g were superior. The results of mean comparison in Sararud showed the lines yield was between 31 and 37 g m^{-2} and NSRCQ10 with 37 g m^{-2} and 1.3 g had highest SY and TSW. In Sararud slow growth of the early stages due to the cold temperature, heat and drought at the end of the season reduced the yield and TSW and necessity for supplemental irrigation. Lack of synchronicity of heat and humidity regime of the studied lines reduced the SY in Sararud compared to Gorgan. In general, in Gorgan and areas with similar climate condition early spring cultivation with early and insensitive cultivars of quinoa to photoperiod are possible.

Key Words: *Chenopodium quinoa*, Gorgan, Rainfed, Sararud

* *Corresponding author: salehimasomeh@gmail.com* *Submit date:2020/04/14 Accept date: 2021/07/01*