نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد سیزدهم، شماره اول، بهار ۹۹
۱۷-۳۰
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2020.16327.2217

مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد لاین‌های مختلف کینوا (*Chenopodium quinoa*) در کشت دیم پاییزه شهرستان گرگان

معصومه صالحی[1*]

[1]استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: کینوا (*Chenopodium quinoa*) گیاهی است از خانواده آمارانتاسه Amaranthaceae و سه کربنه و بومی آمریکای جنوبی می‌باشد. دانه این گیاه به دلیل ارزش غذایی بالا و تحمل به تنش شوری و خشکی مورد توجه قرار گرفته است. این گیاه در پرو با ۵۰۰ -۳۰۰ میلی‌متر بارندگی و حداقل دمای ٤- درجه سلسیوس به‌صورت دیم کشت می‌شود (۲۸). کینوا می‌تواند دمای ٤- درجه سلسیوس در مرحله ۱۲-۸ برگی تحمل نموده و بعد از خسارت سرما قدرت بازیافت دارد (١٤). این آزمایش با هدف تنوع بخشی به محصولات مناطق دیم استان گلستان با تیپ زمستان خنک (۱۰)، بررسی مقدماتی عملکرد دانه و اجزای عملکرد لاین‌های کینوا انجام شد.

مواد و روش‌ها: به منظور مقایسه میانگین ارقام مختلف کینوا در کشت پاییزه دیم ۱۱ لاین کینوا (NSRCQ 1، NSRCQ 2، NSRCQ 5، NSRCQ 6، NSRCQ 7، NSRCQ 8، NSRCQ 9، NSRCQ 10، NSRCQ 12، NSRCQ 13 و NSRCQ 14) با دوره رسیدگی متفاوت در آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در تاریخ ۲۹ آبان ماه در سال زراعی ۹٦-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات عراقی محله گرگان کشت گردید. مدیریت علف‌های هرز بصورت وجین دستی دوبار در طول فصل انجام گردید و با شته مبارزه شیمیایی شد. در زمان برداشت کل کرت بعد از حذف حاشیه‌ها برداشت شد و عملکرد دانه، وزن هزار دانه و درصد جوانه‌زنی بذور تولیدی اندازه‌گیری گردید. تعداد پانیکول جانبی، ارتفاع بوته، وزن پانیکول، زیست توده ۱۰ بوته انتخابی اندازه‌گیری شد. جهت بررسی خطر سرمازدگی و میزان بارندگی از آمار ٦٥ ساله (۲۰۱۷-۱۹۵۲) ایستگاه گرگان استفاده شد. داده‌ها با نرم افزار SAS v. 9.1 و تجزیه کلاستر و تجزیه به مولفه‌های اصلی با نرم افزار Statgraphic انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که عملکرد در کشت پاییزه استان گلستان بین ١٤٦ تا ٤١٦ گرم در متر مربع بود و وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها بین ۲/۱ تا ٤/۷ گرم بود. بررسی رابطه همبستگی بین صفات نشان داد که هر چه روز تا گلدهی کوتاه‌تر باشد، وزن هزار دانه بیشتر و ارتفاع بوته کوتاه‌تر است. لاین NSRCQ1 زودرس‌ترین با کمترین ارتفاع بوته و عملکرد دانه بود. تجزیه به مولفه‌های اصلی هم نشان داد که دو مولفه بیشترین سهم را در تعیین عملکرد دانه داشتند. درصد جوانه‌زنی، تعداد پانیکول فرعی، وزن هزار دانه در جهت مثبت و روز تا رسیدگی در جهت منفی و در مولفه دوم زیست توده بیشترین تاثیر را داشت. نتایج تجزیه کلاستر نیز نشان داد که لاین‌های NSRCQ11، NSRCQ10، NSRCQ9، NSRCQ7 و NSRCQ6 از عملکرد دانه، وزن هزار دانه، قوه نامیه و زیست توده بالاتری برخوردار بودند. در بین لاین‌های برتر، لاین NSRCQ6 با میزان عملکرد دانه ۳/۵ تن در

[*]مسئول مکاتبه: salehimasomeh@gmail.com

هکتار، وزن هزار دانه ۳/۹ گرم، قوه نامیه بذر ۱۰۰ درصد و عدم مشاهده خسارت سرما امید بخش بود. بر اساس آمار هواشناسی ٦٥ سال گذشته ایستگاه گرگان ریسک سرمازدگی کینوا ٢٤/٦ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری: کینوا در کشت پاییزه گرگان با تنش یخزدگی مواجه شد، ولی با رفع تنش قدرت بازیافت داشت. انتخاب ژنوتیپ مناسب در گرگان می‌تواند بر اساس تحمل به تنش یخزدگی در دمای کمتر از ٤- درجه سلسیوس، روز تا گلدهی، وزن هزار دانه و عملکرد دانه باشد. امکان کشت کینوا در کشت پاییزه دیم این شهرستان با عملکرد ٤-٣/٥ تن در هکتار و با اندازه بذر درشت وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: *Chenopodium quinoa*، گلستان، زمستان خنک، لاین امید بخش.

مقدمه

تغییرات محیطی در دهه‌های اخیر به سطح بحرانی رسیده است و تهدیدی جدی برای عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی می‌باشد. از طرفی، افزایش جمعیت و نیاز به غذای بیشتر فشار جبران ناپذیری را بر محیط زیست، منابع آب و زیست بوم-های زراعی وارد می‌کند (۲۱). دانشمندان اعتقاد دارند که این تغییرات موجب تغییرات آب و هوایی، طول فصول، شدت و الگوی بارش می‌شود و همین عامل موجب شده است که به گیاهانی که در عرض‌های جغرافیایی و در ارتفاعات متفاوت رشد می‌کنند، توجه بیشتری شود. در حال حاضر برنج، گندم و سیب زمینی ۵۰ درصد از غذای بشر را تامین می‌کنند. این گیاهان در شرایط اقلیمی جدید عملکرد پایین‌تری خواهند داشت (۲۱). بنابراین، باید گیاهان جایگزین جهت سازگاری با شرایط جدید معرفی گردد. در حال حاضر در اراضی دیم تناوب زراعی محدود به غلات (گندم و جو) است و تنوع بخشی محصول در تناوب دیم مورد نیاز می‌باشد.

کینوا (*Chenopodium quinoa*) از خانواده Amaranthaceae آللوتتراپلوئید (*2n=4X=36*) با سایز ژنوم Gb ۱/٥۰-۱/٤٥ و جزو گیاهان سه کربنه دسته‌بندی می‌شود (۱۳). توالی ژنوم کینوا نیز منتشر شده است (۱۸). کینوا تنوع ژنتیکی بالایی دارد که موجب تحمل به تنش‌های مختلف محیطی و سازگاری به شرایط مختلف محیطی و خاکی می‌شود (۲۱). کینوا گیاهی خودگشن است و میزان دگرگشنی در آن ۱۷-۱۰ درصد می‌باشد (۱۱). کینوا در بولیوی و کشورهای ناحیه آند در حدود ۷۰۰۰ سال کشت می‌شده است (۱۵). کینوا از دو درجه عرض شمالی در کلمبیا تا ٤۰ درجه عرض جنوبی در شیلی و از سطح دریا تا ارتفاع ۳۸۰۰ متری رشد می‌کند (٢٤). این گیاه به کشورهای اروپایی، آمریکای شمالی، آسیا و آفریقا به منظور افزایش تنوع در محصولات کشاورزی معرفی شده است و نتایج آزمایشات برای معرفی گیاه به عنوان علوفه‌ای و دانه‌ای امید بخش بوده است (۱۵). توجه جهانی بر روی این گیاه به دلیل ارزش غذایی بالای آن زیاد است (۷، ۱۵، ۲۲). کینوا دارای میزان بالایی پروتئین بوده و تعادل اسیدهای آمینه آن بهتر از گندم و برنج بوده و دارای میزان بالایی آهن و کلسیم می‌باشد (۱۷). بذر این گیاه دارای میزان بالایی آنتی اکسیدانت و پلی فنل‌ها است (۲۳). کینوا بدون گلوتن است و غذای مناسبی برای افراد سلیاک می‌باشد و دانه کامل آن به دلیل کم بودن شاخص گلیسمیک[1] از دیابت نوع ۲ جلوگیری می‌کند

1. Glycemic Index

و می‌تواند جایگزین غلات معمول در رژیم غذایی افراد دیابتی شود (۱، ۱۲).

کینوا به تنش‌های شوری و خشکی تحمل داشته و همچنین، در خاکی با اسیدیته ٤/٥ تا ۹/٥ رشد کرده و تنش یخبندان را قبل از مرحله غنچه‌دهی تحمل می‌کند (۱٥). در منطقه پونو در پرو که بیشترین سطح زیر کشت کینوا را دارد، احتمال سرمازدگی در طول شب با دمای کمتر از ۲- درجه سلسیوس در سطح خاک بیشتر از ٦٦ درصد نبود. تنش یخبندان با دمای کمتر از ٤- درجه سلسیوس هر سه سال یکبار با احتمال ۲٥ درصد گزارش شده است و به‌طور کلی دمای کمتر از ٤- درجه سلسیوس به ندرت اتفاق می‌افتد و به ندرت دمای سطح خاک کمتر از ۷- درجه سلسیوس می‌شود (۲۸). جکبسون و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که تحت تنش سرما کینوا قادر است میزان بالایی کربوهیدارت تولید کند که موجب کاهش دمای یخزدگی می‌شود و میزان پرولین و کربوهیدارت بویژه ساکارز نقش مهمی در مقاومت به تنش سرما در کینوا دارد و ۱۱ روز تنش سرما میزان قند کینوا را ۱۱ درصد افزایش می‌دهد (١٤). در مرحله دو برگی کینوا می‌تواند دمای ۸- درجه سلسیوس را به‌مدت ٤-۲ ساعت بسته به رقم تحمل کند و در دمای ٤- درجه سلسیوس میزان کاهش عملکرد دانه در مرحله دو برگی ۹ درصد و در مرحله ۱۲ برگی و گلدهی به‌ترتیب ٥۱ و ٦٦ درصد بود و یخبندان به مدت دو ساعت در مرحله گلدهی خسارت جبران ناپذیری را به گیاه وارد می‌کند (١٦). صالحی و همکاران (۲۰۱۹) نیز بیان کردند مرحله گلدهی حساس‌ترین مرحله به تنش سرما است و قبل از تشکیل غنچه کینوا (NSRCQ1) قادر است تنش یخزدگی به میزان ٤- درجه سلسیوس را تحمل کند (۲٥).

تحمل به تنش خشکی در کینوا به دلیل ریشه عمیق و غده‌های اگزالات کلسیم است که باعث کاهش تبخیر می‌شود و قادر است حداقل میزان آب را در ازای جذب کربن داشته باشد (۲۹). گارسیا (۲۰۰۳) میزان ضریب حساسیت به تنش خشکی را برای کینوا ۰/٦۷ بیان کردند که کمتر از پنبه می‌باشد (۸). گارسیا و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند کینوا قادر است با بارندگی ۲۰۰-۱۰۰ میلی‌متر عملکرد قابل قبولی تولید کند (۹). بر اساس تقسیم بندی یونسکو استان گلستان دارای تیپ زمستان خنک با میانگین دمای ۱۰-۰ درجه سلسیوس می‌باشد، در این اقلیم در طول زمستان محدودیت رشد گیاه وجود دارد و نیاز به رشد و توسعه سریع مراحل فنولوژیک در بهار است (۱۰). با توجه به تحمل به تنش خشکی و تا حدی تحمل سرما کینوا می‌تواند گیاه مناسبی برای تنوع بخشی به الگوی کاشت اراضی دیم استان گلستان باشد. این آزمایش به منظور بررسی مقدماتی کشت دیم کینوا، شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار و مشکلات مدیریتی کشت دیم پاییزه در استان گلستان با تیپ زمستان خنک می‌باشد، انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایشی با ۱۱ لاین کینوا با دوره رسیدگی متفاوت حاصل از گزینش در مرکز ملی تحقیقات شوری با روش گزینش لینه خالص (از بین توده‌های دریافتی با منشا پرو و بولیوی) انجام شد. این ۱۱ لاین شامل: NSRCQ 1، NSRCQ 2، NSRCQ 5، NSRCQ 6، NSRCQ 7، NSRCQ 8، NSRCQ 9، NSRCQ 10، NSRCQ 12، NSRCQ 13 و NSRCQ 14 می‌باشند. آزمایش بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و ۱۱ لاین در ایستگاه تحقیقات عراقی محله گرگان کشت گردید. لاین‌ها در چهار

خط پنج متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر در ۲۹ آبان ماه ۱۳۹۵ با میزان بذر ۱۰ کیلوگرم در هکتار کشت گردید. عمق کاشت بذور حداکثر دو سانتی‌متر بود و بذور به‌صورت دستی کشت شدند. همراه با آماده کردن خاک ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره استفاده شد. بعد از سبز شدن، عملیات تنک کردن انجام شد، به‌طوری که پس از تنک فاصله بوته‌ها ۵-۳ سانتی‌متر بود. در مرحله رشد رویشی و غنچه‌دهی دو مرحله وجین دستی انجام شد و به میزان ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار استفاده گردید. در مرحله گرده‌افشانی نیز به میزان ۵۰ کیلوگرم کود اوره به‌صورت سرک هم‌زمان با بارندگی استفاده شد. در مرحله گرده افشانی گرده‌خوار کلزا بر روی ارقام دیررس مشاهده شد که مبارزه انجام نشد. یک مرحله سم‌پاشی با دیازینون برای مبارزه با شته انجام شد.

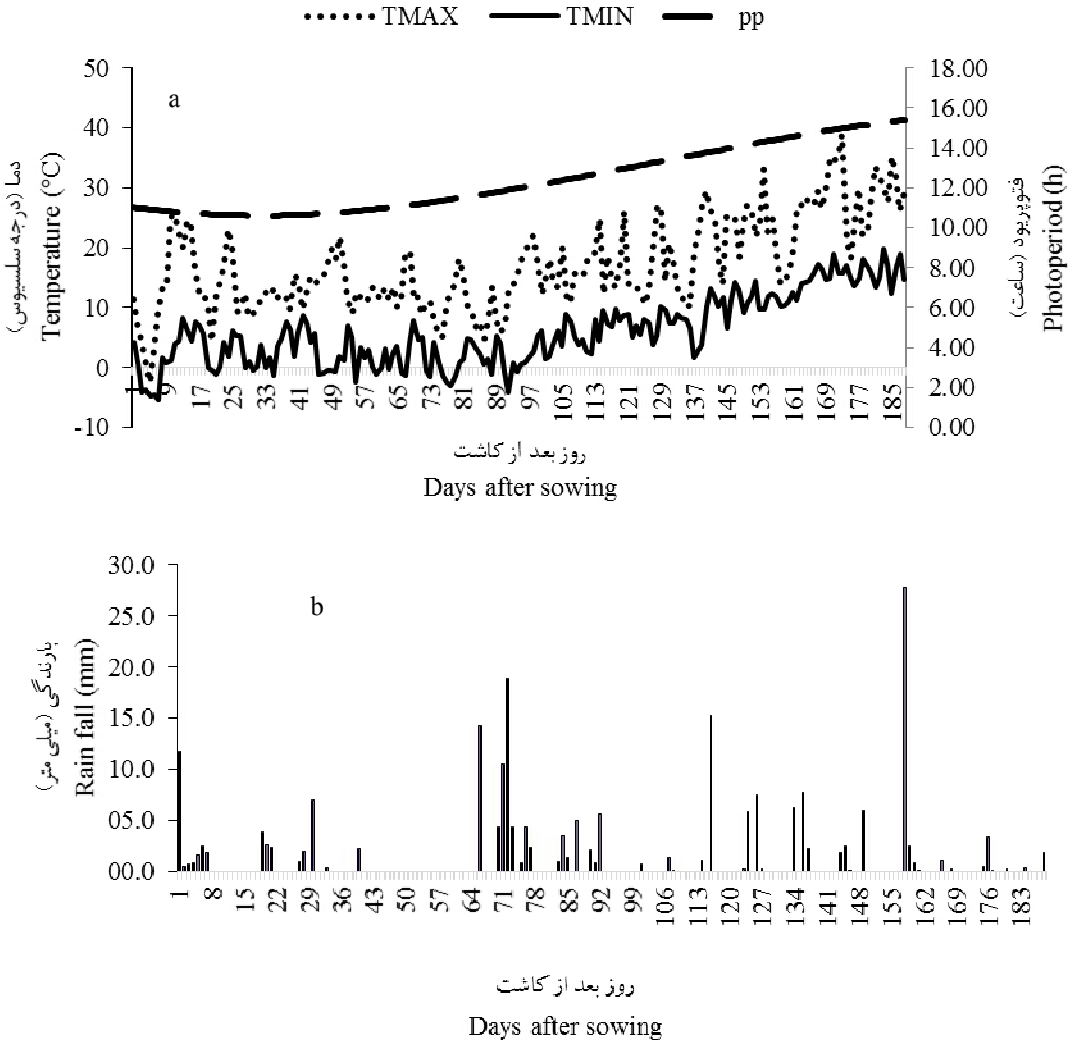
در طول فصل یادداشت برداری مراحل فنولوژیک شامل سبزشدن، مرحله غنچه‌دهی، مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی انجام شد. کل کرت بعد از حذف حاشیه‌ها بصورت دستی برداشت و سپس با کمباین آزمایشات خرمن‌کوبی شد و بذور تولیدی توزین و عملکرد بر اساس رطوبت دانه ۱۰ درصد گزارش شد. جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد از هر کرت ۱۰ بوته انتخاب گردید و ارتفاع بوته، زیست توده، تعداد پانیکول جانبی، وزن پانیکول و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. آزمون قوه نامیه بذور برداشت شده بعد از یک ماه نگهداری بذور در دمای اتاق (۳۰-۲۵ درجه سلسیوس) انجام گردید. آزمون قوه نامیه در چهار تکرار ۲۵تایی با روش روی کاغذ صافی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس انجام شد و تا زمان ثابت شدن تعداد بذور جوانه‌زده، شمارش ادامه یافت. جوانه‌زنی بر اساس خروج ریشه‌چه و رسیدن طول آن به دو میلی‌متر تعیین شد.

میزان بارندگی دریافتی بر اساس ایستگاه هواشناسی گرگان ۲۰۴ میلی‌متر بود. توزیع بارندگی در طول فصل رشد نشان داد که در طول دی ماه بارندگی ناچیز بود (۲/۵ میلی‌متر) که در این زمان کینوا در مرحله رشد رویشی بود. حداقل مطلق دما در طول فصل زمستان ۵- درجه سلسیوس بود. حداقل، میانگین و حداکثر دما در طول دوره سبزشدن ۰/۷-، ۳/۳ و ۷/۲ درجه سلسیوس بود (شکل ۱). جهت بررسی خطر سرمازدگی در سال‌های مختلف و میزان نوسانات بارندگی از حداقل مطلق دما و بارش زمستانه و بهاره داده های هواشناسی ٦٥ سال (۲۰۱۷-۱۹۵۲) ایستگاه گرگان استفاده شد. درجه روز رشد مراحل مختلف رشدی با استفاده از تابع دندان مانند محاسبه گردید (معادله ۱) (۲٦). داده‌ها با نرم افزار SAS v 9.1 تجزیه شدند. تجزیه به مولفه های اصلی، همبستگی و تجزیه کلاستر با نرم افزار Statgraphic انجام شد.

معادله ۱:

$$F(T)=\begin{cases}\dfrac{T-T_b}{T_{o1}-T_b} & if\ T_b<T<T_{o1}\\ \dfrac{T_c-T}{T_c-T_{o2}} & if\ T_{o2}<T<T_c\\ 1 & if\ T_{o1}\le T\le T_{o2}\\ 0 & if\ T\le T_b\ or\ T\ge T_c\end{cases}$$

در این معادله T_b دمای پایه، T_{o1} دمای حداقل پایین، T_{o2} دمای حداکثر بالا و T_c دمای سقف می‌باشند.



شکل ۱- میانگین، حداقل و حداکثر دمای هوا (درجه سلسیوس) و فتوپریود (ساعت) (a) و بارش (میلی‌متر) (b) در طول فصل کشت پاییزه گرگان.

Figure 1- Mean, Min and Max Temperature (°C) and Photoperiod (h) (a) and rainfall (mm) (b) during autumn cropping in Gorgan.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ درصد جوانه‌زنی، زیست توده، وزن هزار دانه، وزن پانیکول و ارتفاع بوته معنی‌دار بود، ولی اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه بین ۱٤٦ تا ٤۱٦ گرم در مترمربع بود (جدول ۲). لاین ۱ به‌طور معنی‌داری عملکرد پایین‌تری نسبت به سایر لاین‌ها داشت و لاین ۹ با ٤۱٦ گرم در مترمربع بیشترین عملکرد دانه را داشت. تعداد پانیکول فرعی بین ٦/۷ تا ۱۳ بود که بیشترین تعداد در لاین ۸ مشاهده شد. وزن پانیکول بین ۲۸-۱۲ گرم بود (جدول ۲). زیست توده بین ۱۵ تا ۳۹ گرم در بوته بود و بیشترین میزان تجمع زیست توده در لاین ۸ مشاهده شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده کینوا در شرایط دیم پاییزه گرگان.

Table 1- Analysis of variance of measured traits of quinoa under rainfed condition of autumn cropping in Gorgan.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	تعدادپانیکول جانبی	ارتفاع بوته	وزن پانیکول	زیست توده	وزن هزار دانه	جوانه زنی
S.O.V	df	Seed yield	Lateral Panicule No.	Plant height	Panicule Weight	Biomass	TKW	Germination
Line no. شماره لاین	10	16.6 ^{ns}	10.2 ^{ns}	1179 **	78.5**	174.9**	1.9**	5064**
Block بلوک	2	9372 ^{ns}	5.5 ^{ns}	207 ^{ns}	13.3 ^{ns}	28.6 ^{ns}	0.05 ^{ns}	8.1 ^{ns}
Error اشتباه	20	8606	6.2	97.1	19.3	32	0.12	26.7
CV (%) ضریب‌تغییرات (درصد)	-	27	28	11	27	24	10	9.4

**، * و ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشند.

**,* and ns: significant at 1 and 5 percent and non-significant, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده کینوا در شرایط دیم پاییزه گرگان.

Table 2- Mean comparison of measured traits of quinoa under rainfed condition of autumn cropping in Gorgan.

شماره لاین	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) (g m^{-2})	تعداد پانیکول جانبی	ارتفاع (سانتی‌متر)	وزن پانیکول (گرم در بوته)	زیست توده (گرم در بوته)	وزن هزار دانه (گرم)	جوانه زنی (درصد)	روز تا گرده افشانی	روز تا رسیدگی	میانگین دمای دوره پرشدن دانه (درجه سلسیوس)	درجه روز رشد تا زمان گلدهی	درجه روز رشد تا زمان رسیدگی	درجه روز رشد دوره پرشدن دانه
Line No.	Seed yield (g m^{-2})	Lateral Panicule No.	Plant height (cm)	Panicule Weight (g plant $^{-1}$)	Biomass (g plant $^{-1}$)	TKW (g)	Germination (%)	Day to anthesis	Day to maturity	Mean Tem during seed filling period (°C)	GDD Flowering	GDD maturity	GDD Seed filling period
1	146.86 b	7.5 bc	36.5 c	10.7 c	15.6 b	4.7 a	94 ab	120	166	15.0	623	1180	557
2	370.97 a	6.7 c	91.6 ab	12.6 c	17.3 b	3.0 cd	0 f	159	188	21.1	1068	1612	544
3	354.19 a	7.5 bc	105.8 a	14.6 c	22.0 b	3.0 cd	26e	159	188	21.1	1068	1612	544
4	360.33 a	8.8 abc	79.2 b	16.2 bc	22.7 b	3.9 b	100 a	149	166	17.4	928	1180	252
5	335.67 a	11.3 ab	95.8 ab	13.3 c	22.7 b	3.7 b	88 bc	149	166	17.4	928	1180	252
6	359.76 a	8.5 bc	102.5 a	14.6 c	21.4 b	2.6 de	30 e	144	188	19.8	857	1612	755
7	350.09 a	9.2 abc	85.4 b	22.6 ab	22.0 b	4.0 b	96 ab	156	166	21.1	1037	1180	143
8	267.00 ab	13.0 a	79.2 b	28.1 a	39.6 a	3.9 b	84 c	144	166	19.8	857	1180	323
9	416.48 a	8.8 abc	102.6 a	15.3 bc	22.0 b	2.4 de	6 f	159	188	21.1	1068	1612	544
10	393.71 a	7.2 bc	103.8 a	12.0 c	18.6 b	2.1 e	4 f	159	188	21.1	168	1612	544
11	319.99 a	9.0 bc	80.6 b	13.3 c	17.9 b	3.5 bc	73 d	149	166	17.4	928	1180	252

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

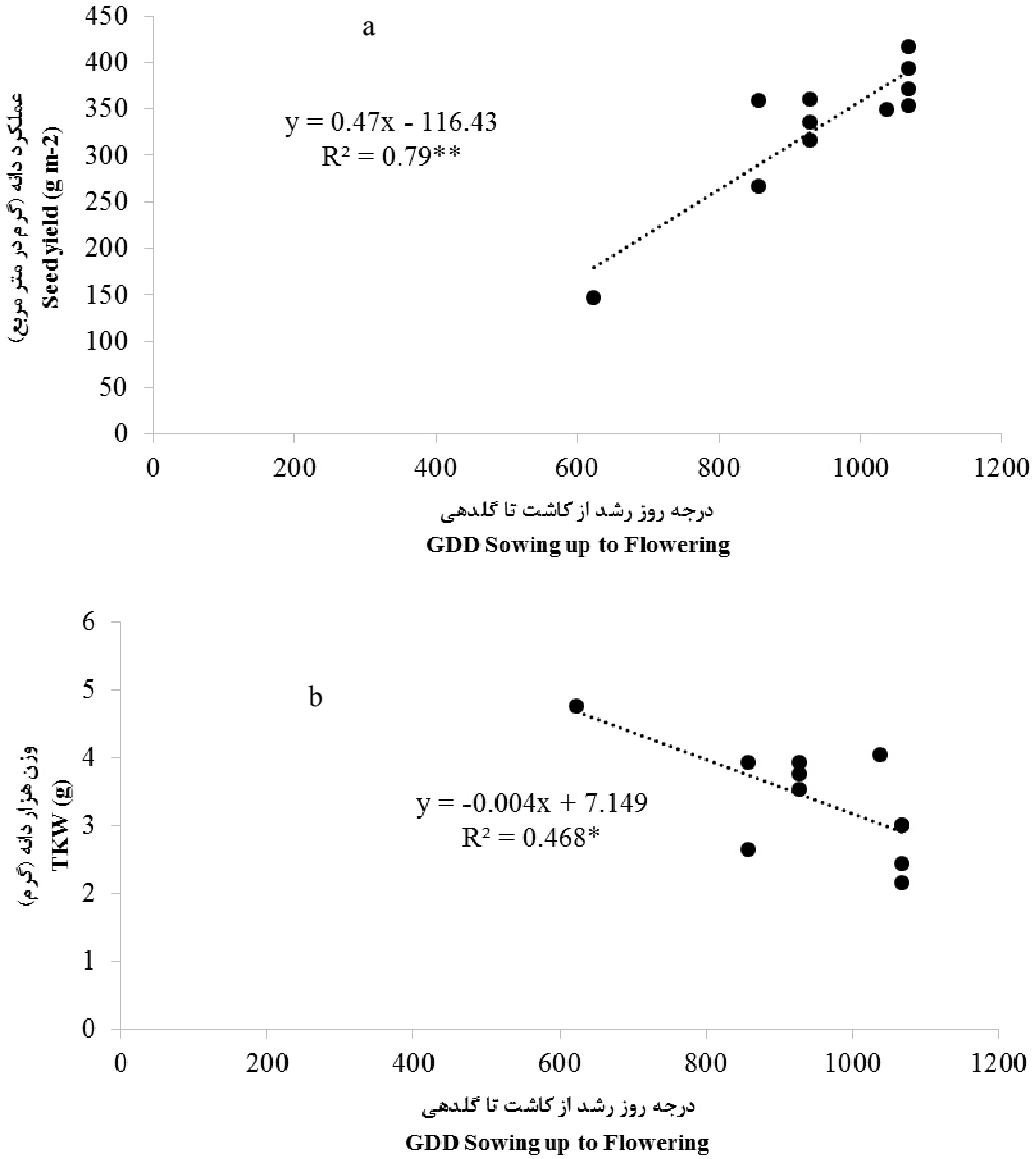
In each column means with at least one similar letter do not have significant differences based on LSD test at 5% level

وزن هزار دانه لاین‌ها بین ۲/۱ تا ٤/۷ گرم بود بیشترین وزن هزار دانه در لاین ۱ و کمترین میزان در لاین ۱۰ مشاهده گردید. دوره پرشدن دانه در لاین ۱ در کشت پاییزه ٤٦ روز و میانگین دمای هوا ۱۵ درجه سلسیوس بود. صالحی و همکاران (۲۰۱۹) در تاریخ کاشت اول شهریور طول دوره پرشدن دانه این لاین در یزد را ۲۰ روز با میانگین دمای هوای ۲۰ درجه سلسیوس گزارش کردند (۲۵). در این شرایط وزن هزار دانه آن ۳-۲/۹ گرم بود (۲۵). در لاین ۱۰ طول دوره پرشدن دانه ۲۹ روز و حداکثر دما در این دوره ۲۷/٦ درجه سلسیوس و وزن هزار دانه آن ۲/۱ گرم بود. روز تا گرده‌افشانی بین ۱۲۰ تا ۱۵۹ روز متغییر

بود. طول دوره رشد لاین‌ها ۱٦٦ تا ۱۸۸ روز بود. لاین ۱ زودتر از سایر لاین‌ها وارد فاز گلدهی شد و ۱٦٦ روز بعد از کاشت برداشت گردید. طول دوره رشد دیررس‌ترین لاین‌ها ۱۸۸ روز بود. لاین ۱، ۱۲۰ روز بعد از کاشت وارد فاز گلدهی شد که در این زمان میانگین دمای هوا ۱۱ درجه سلسیوس بود و تا زمان برداشت نیز میانگین دمای هوا ۲۰ درجه سلسیوس بود. دمای هوا در بازه زمانی ۱۰ صبح تا ۲ بعد از ظهر نقش مهمی در گرده افشانی و زنده‌مانی گرده‌ها دارد (۲۱). لاین ۷ نیز عملکرد بالایی داشت ۱٥٦ روز بعد از کاشت وارد مرحله گلدهی شد که میانگین حداکثر دما ۲۱/۸ درجه سلسیوس و میانگین دما ۱۷ درجه سلسیوس بود وزن هزار دانه این لاین ٤ گرم بود.

صالحی و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که بهترین دمای دوره پرشدن دانه ۲۰-۱۸ درجه سلسیوس می‌باشد و با افزایش یک درجه سلسیوس میانگین دما در طی دوره پرشدن دانه موجب کاهش عملکرد به میزان ۱۰۸ کیلوگرم در هکتار شد و افزایش ۱۰ درجه میانگین دما در طول دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه ۱/٤ گرم در لاین ۱ کاهش می‌یابد (۲٥). نتایج بررسی درجه روز تجمعی لاین‌ها تا زمان گلدهی نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت (R^2=0.79**). در حالی که این رابطه با وزن هزار دانه رابطه منفی و معنی‌دار در سطح ٥ درصد داشت (R^2=0.49*) (شکل ۲ الف و ب). این روابط نشان می‌دهد که لاین‌های دیررس‌تر با نیاز دمایی بیشتر با افزایش گرمای انتهای فصل وزن هزار دانه کمتری خواهند داشت. رابطه بین حداکثر دما در دوره پرشدن دانه و وزن هزار دانه نشان داد که با افزایش هر درجه سلسیوس دما وزن هزار دانه ۰/۲۹ گرم کاهش یافت (شکل ۳). دمای بالای در مرحله گلدهی و پرشدن دانه کینوا موجب کاهش عملکرد و سایز دانه می‌شود. دمای بالا (٤۰/۲٤ درجه سلسیوس) باروری دانه گرده تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد (۱۳)، 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 (۲۷). همچنین، دمای بالای شب (۲۲-۲۰ درجه سلسیوس) در این مرحله موجب کاهش سایز دانه به میزان ۳۱-۲۳ درصد می‌شود (۱۹).

عامل دیگری که موجب دیررسی لاین‌ها می‌گردد، حساسیت بیشتر به طول روز در طول دوره پرشدن دانه است و اثر آن بر سازگاری ارقام در مناطق مختلف اهمیت زیادی دارد. بررسی تفاوت به طول روز دو رقم کینوا Real (معرفی شده در بولیوی) و Q52 (معرفی شده در دانمارک) در شرایط کنترل شده نشان داد که طول روزهای طولانی (۱۸ ساعت) نسبت به طول روزهای کوتاه (۱۰ ساعت) طول دوره پرشدن دانه در Q52 ۲۰ روز طولانی‌تر شد و در رقم Real تا انتهای آزمایش سبزشدن باقی ماند و بذر کاملی تولید نکرد (٦). بررسی حساسیت به فتوپریود رقم تیتیکاکا نیز نشان داد که طول دوره پرشدن دانه نسبت به مرحله گلدهی حساسیت بیشتری فتوپریود دارد (۲٥). در این آزمایش در طول دوره پرشدن دانه طول روز ۱٥/٥-۱٥ ساعت بود (شکل ۱). طول دوره پرشدن دانه در لاین‌های مورد بررسی ۱۰ تا ٤٦ روز بود و درجه روز رشد مورد نیاز دوره پرشدن دانه نیز ۲٥۲ تا ۷٥٥ روز بود که در بین آن‌ها لاین شماره ٦ با دوره پرشدن دانه ٤٤ روز بیشترین نیاز دمایی را داشت که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر این لاین به طول روزهای طولانی است با این‌حال جهت تایید نهایی آن نیاز به آزمایشات در محیط کنترل شده می‌باشد.

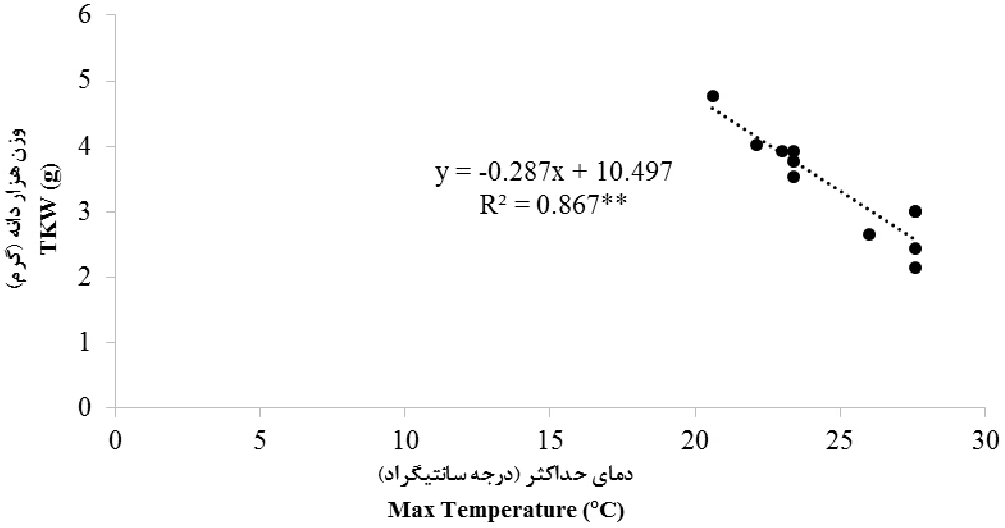


شکل ۲- رابطه رگرسیونی درجه روز رشد تجمعی تا مرحله گلدهی و عملکرد دانه (a) و وزن هزار دانه (b) لاین‌های کینوا.

Figure 2- Regression relationship between cumulative GDD up to flowering and seed yield (a) and thousands kernel weight (TKW) (b) of quinoa lines.

درصد جوانه‌زنی بذور تولیدی بسیار متفاوت بود. لاین ٤ بیشترین میزان جوانه‌زنی و لاین ۲ کمترین میزان را داشت. برتو (۲۰۰۳) بیان کردند که دما و فتوپریود که بذر بر روی گیاه مادری دریافت می‌کند بر قوه نامیه بذر تولیدی تاثیر دارد (۳). در صورتی که دانه بر روی گیاه مادر دمای بالا و فتوپریود طولانی را تجربه کند موجب رکود بذر می‌شود (۲). همچنین، میزان واکنش ژنوتیپ‌ها به میزان رکود متفاوت است (٤). رکود موجود در بذر کینوا ناشی از ضخامت پوسته بذر و رکود ناشی از میزان بالای ABA می‌باشد (۲). بررسی رابطه همبستگی بین صفات نشان داد که عملکرد دانه با وزن هزار دانه رابطه منفی و معنی‌دار (r=-0.798) و رابطه مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته (r=0.903) و روز تا گلدهی (r=0.874) داشت (جدول ۳). وزن هزار دانه رابطه مثبت و معنی‌داری با قوه نامیه (r=0.902) و رابطه منفی و معنی‌دار با روز

تا رسیدگی (r=-0.963) داشت. ارتفاع بوته رابطه داشت (r=0.780). مثبتی با روز تا رسیدگی (r=0.663) و روز تا گلدهی



شکل ۳- رابطه رگرسیونی بین دمای حداکثر دوره پرشدن دانه و وزن هزاردانه (گرم) لاین‌های کینوا.

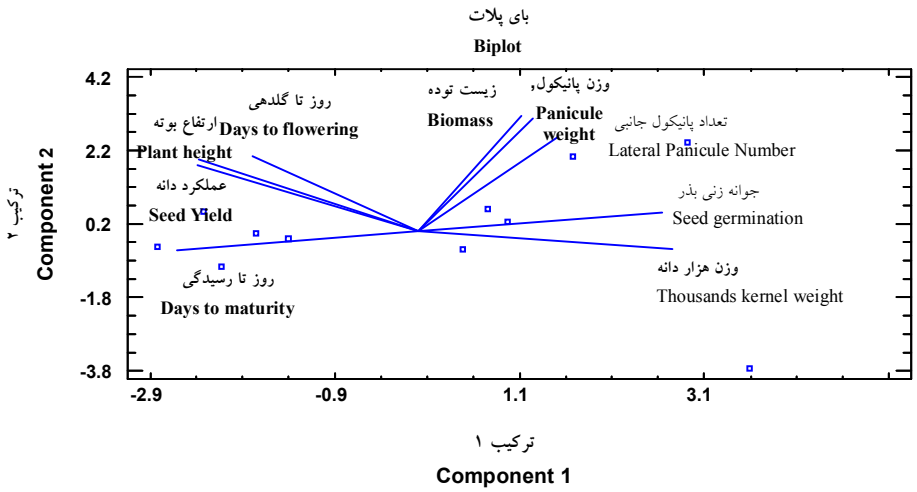
Figure 3- Regression relationship between max temperature and thousands kernel weight (TKW) (g) of quinoa lines.

جدول ۳- رابطه همبستگی بین صفات اندازه گیری شده کینوا در کشت پاییزه گرگان.

Table 3- Correlation among measured traits of quinoa in autumn cropping of Gorgan.

	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Seed yield (g m^{-2})	وزن هزار دانه (گرم) Thousands kernel weight (g)	تعداد پانیکول فرعی Lateral Panicule No.	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن پانیکول (گرم در بوته) Panicule Weight (g $plant^{-1}$)	زیست توده (گرم در بوته) Biomass (g $plant^{-1}$)	جوانه زنی (درصد) Germination (%)	روز تا گلدهی Day to anthesis	روز تا رسیدگی Day to maturity
عملکرد دانه Seed yield	1								
وزن هزار دانه Thousands kernel weight	-0.798**	1							
تعداد پانیکول فرعی Lateral Panicule No.	-0.164	0.345	1						
ارتفاع بوته Plant height	0.903**	-0.841**	-0.024	1					
وزن پانیکول Panicule Weight	-0.041	0.264	0.724*	0.013	1				
زیست توده Biomass	0.045	0.261	0.613*	0.074	0.933**	1			
جوانه زنی Germination	-0.569	0.902**	0.537	-0.641*	0.372	0.399	1		
روز تا گلدهی Day to anthesis	0.874**	-0.544	-0.012	0.780**	0.012	0.076	-0.341	1	
روز تا رسیدگی Day to maturity	0.591	-0.882**	-0.57	0.663*	-0.360	-0.353	-0.963**	0.190	1

به منظور بررسی عواملی که موجب جداشدن و تنوع ژنوتیپ‌ها و تعیین سهم هر صفت در تنوع و کاهش تعداد متغییرهای اصلی از طریق محاسبه مولفه‌های غیر همبسته که ترکیبی از متغییرهای اصلی است، تجزیه به مولفه‌های اصلی بر روی لاین‌ها انجام شد. مقادیر ریشه‌های مشخصه نسبت واریانس توجیه شده توسط هر مولفه و کل واریانس توجیه شده در جدول ٤ آمده است. بر اساس تجزیه انجام شده دو مولفه نخست با مقادیر ویژه بیشتر از یک ۸۳ درصد از کل واریانس را توضیح دادند. ریشه‌های دو مولفه به ترتیب ٤/۸۸ و ۲/٦٦ بودند که این دو مولفه به ترتیب ٥٤/۳ و ۲۹/۱ درصد و در مجموع ۸۳/٤ درصد از کل واریانس را در بین لاین‌های کینوا برای صفات مورد بررسی مهم‌تر از نظر ارتباط با عملکرد تبیین کردند. در مولفه اول بیشترین سهم را وزن هزار دانه، درصد جوانه‌زنی و تعداد پانیکول فرعی در جهت مثبت و روز تا رسیدگی در جهت منفی داشت و در مولفه دوم زیست توده در جهت مثبت بیشترین تاثیر را داشت. بارگاوا و همکاران (۲۰۰۷) ۲۷ ژنوتیپ کینوا کشت شده در هند را بررسی کردند و بیان کردند اولین مولفه موثر بر عملکرد ارتفاع بوته و ضخامت ساقه است و دومین مولفه روز تا رسیدگی و تعداد شاخه-های فرعی است (٥). ماهادا و همکاران (۲۰۱٤) روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، عملکرد دانه و اندازه بوته کینوا را مهمترین صفات در مولفه اول و دوم دانسته-اند و بیان کردند عملکرد دانه، زودرسی، اندازه دانه و ارتفاع بوته از مهمترین صفات برای انتخاب و اصلاح ژنوتیپ‌ها برای شرایط اقلیمی مراکش می‌باشند (۲۰).



شکل ٤- تجزیه بای پلات صفات اندازه‌گیری شده کینوا در کشت پاییزه گرگان.

Figure 4- Biplot analysis of measured traits of quinoa under autumn cropping of Gorgan.

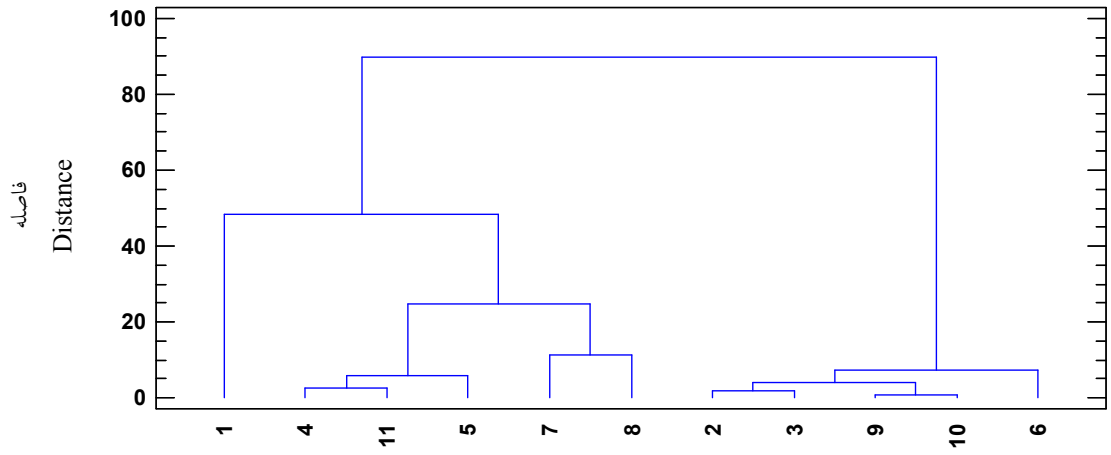
تجزیه کلاستر از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغییره است که جهت بررسی رابطه خویشاوندی بین مواد گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۱۱ لاین کینوا بر اساس صفات استاندارد شده در شکل ٥ و جدول ٥ آمده است. این تجزیه به روش وارد و براساس مربع فاصله اقلیدسی به عنوان معیار تشابه انجام گرفت و در محلی که اختلاف بین گروهها معنی‌دار شد، ۳ گروه تشکیل داده شد. لاین ۱ به تنهایی با عملکرد دانه ۱/٥ تن در هکتار و وزن هزار دانه ٤/۷ گرم و کمترین ارتفاع بوته (۳٦ سانتی‌متر) در گروه یک قرار گرفت. ارتفاع بوته لاین زودرس کوتاه مانده و عملکرد نیز کاهش یافت، ولی به دلیل طولانی‌تر شدن دوره پرشدن دانه و دمای مناسب در این دوره وزن هزار

دانه بـالاتری داشـت. لایـن‌هـای ۲، ۳، ٦، ۹ و ۱۰ بـا بالاترین میانگین عملکرد (۳۷۹ گرم در متـر مربـع) و کمترین وزن هزار دانـه ۲/٦ گـرم و بیشـترین ارتفـاع بوته (۱۰۱ سانتی‌متر) در گروه ۲ قرار گرفتند و جـزو لاین‌های دیررس محسـوب مـی‌گردنـد. گـروه سـوم لاین‌های ٤، ٥، ۷، ۸ و ۱۱ بودند که میانگین عملکـرد ۳ تن در هکتار و وزن هزار دانـه ۳/۸ گـرم داشـتند و جزو لاین‌های میان‌رس محسوب می‌شوند و متوسـط درجه روز رشد مورد نیاز این لاین‌های تا زمان گـرده افشانی ۹۳۵ واحد بود.

جدول ٤- تجزیه به مولفه‌های اصلی برای صفات مختلف زراعی لاین‌های کینوا در کشت پاییزه گرگان.

Table 4- Principle component analysis of Quinoa lines in autumn cropping in Gorgn.

Traits	صفات	ترکیبات Components	
		1	2
Thousands kernel weight (g)	وزن هزار دانه (گرم)	0.42	-0.07
Germination (%)	درصد جوانه زنی	0.41	0.08
Lateral Panicule No.	تعداد پانیکول فرعی	0.23	0.41
Panicule Weight (g plant $^{-1}$)	وزن پانیکول (گرم در بوته)	0.19	0.50
Biomass (g plant $^{-1}$)	زیست توده (گرم در بوته)	0.17	0.51
Day to anthesis	روز تا گرده افشانی	-0.27	0.33
Plant height (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	-0.37	0.31
Seed yield (g m^{-2})	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	-0.37	0.29
Day to maturity	روز تا رسیدگی	-0.40	-0.08
Eigean value	مقادیر ویژه	4.88	2.66
Percentage	درصد	54.3	83.4



شکل ٥- گروه بندی ۱۱ لاین کینوا بر اساس صفات اندازه گیری شده به روش Wards در شرایط اقلیمی گرگان.

Figure 5- Clustering of measured traits of 11 quinoa lines based on Wards method in Gorgan climate condition.

جدول ۵- لاین‌های قرار گرفته در هر گروه کلاستر و میانگین صفات اندازه‌گیری شده در کشت پاییزه گرگان.

Table 5- Lines in each cluster group and average of measured traits in autumn cropping in Gorgan.

گروه کلاستر	لاین	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	روز تا گرده افشانی	وزن پانیکول (گرم در بوته)	تعداد پانیکول فرعی	روز تا رسیدگی	جوانه زنی (درصد)	زیست توده (گرم در بوته)
Cluster group	Line	Seed yield ($g\ m^{-2}$)	Thousands kernel weight (g)	Plant height (cm)	Day to anthesis	Panicule Weight ($g\ plant^{-1}$)	Lateral Panicule No.	Day to maturity	Germination (%)	Biomass ($g\ plant^{-1}$)
1	1	146.9	4.8	36.5	120.0	10.8	7.5	166.0	94.0	15.6
2	2,3,6,9,10	379.0	2.6	101.3	156.0	13.9	7.8	188.0	13.5	20.4
3	4,5,7,8,11	326.0	3.8	84.1	155.0	18.7	10.3	166.0	88.3	27.5

در این اقلیم لاین‌های میان‌رس عملکرد بالاتری داشتند و عملکرد دانه لاین‌های مورد بررسی کینوا در این شرایط تا ٤ تن در هکتار می‌باشد. با توجه به داده‌های ٦٥ ساله ایستگاه هواشناسی گرگان ۲۰ درصد احتمال یخزدگی زمستانه وجود دارد. به احتمال ۳ درصد دمای کمتر از ۱۰- درجه سلسیوس و به احتمال ٢٤/٦ درصد دمای کمتر از ٤- درجه سلسیوس ثبت شده است. میزان بارش در طول فصل کشت در دوره ٦٥ سال بین ١٦٦ تا ٦١٦ میلی‌متر بود و فقط دو سال بارش کمتر از ۲۰۰ میلی متر در طول فصل رشد کینوا گزارش شده است که نشان می‌دهد ریسک کاهش نزولات بسیار کم است. همچنین، میانگین توزیع بارش در این دوره نشان داد که در طول فصل رشد یکنواخت است. میزان ریسک تنش یخزدگی در منطقه پونو پرو نیز ۲۵ درصد است (۲۸) و بر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاه گرگان نیز این ریسک ٢٤/٦ درصد می‌باشد. در این آزمایش تنش سرمازدگی در لاین‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰ مشاهده شد که بوته‌ها در مرحله ۸-٦ برگی بودند. بعد از رفع تنش سرما گیاه به رشد خود ادامه داد. از آنجایی که در ابتدای فصل رشد کینوا به دلیل سرمای هوا در این اقلیم سرعت رشد بسیار کندی داشت و گیاه توانایی رقابت با علف‌های هرز را ندارد، جهت عملیاتی شدن نتایج این آزمایش نیاز است علف‌کش‌های مناسب برای کینوا معرفی گردد.

نتیجه‌گیری کلی

انتخاب ژنوتیپ مناسب کینوا در استان گلستان می‌تواند بر اساس تحمل به تنش یخزدگی کمتر از ٤- درجه سلسیوس، روز تا گلدهی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه باشد. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی گروه ۳ کلاستر خصوصیات مناسبی داشتند و در بین آن‌ها لاین ٤ به‌دلیل عملکرد، وزن هزار دانه و قوه نامیه بالا و عدم سرمازدگی برای کشت پاییزه استان گلستان با تیپ زمستان خنک قابل توصیه است.

منابع

1.Bastidas, E., Roura, R., Rizzolo, D., Massanés, T., and Gomis, R. 2016. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from nutritional value to potential health benefits: an integrative review. J. Nutr. Food Sci. 6: 3. 2-10.

2.Bazile, D., Bertero, H.D., and Nieto, C.2015. State of the art report on quinoa around the world in 2013: FAO.605 p.

3.Bertero, H. 2003. Response of developmental processes to temperature and photoperiod in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Rev. Int. 19: 1-2. 87-97.
4.Bertero, H.D. 2001. Effects of photoperiod, temperature and radiation on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under field conditions. Ann. Bot. 87: 4. 495-502.
5.Bhargava, A., Shukla, S., Rajan, S., and Ohri, D. 2007. Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm. Genet. Resour. Crop Ev. 54: 1. 167-173..
6.Christiansen, J.L., Jacobsen, S.E., and Jørgensen, S.T. 2010. Photoperiodic effect on flowering and seed development in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Sci. 60: 6. 539-544.
7.Garcia, M., Condori, B., and Castillo, C.D. 2015. Agroecological and Agronomic Cultural Practices of Quinoa in South America *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*:Wiley Online Library. Pp. 25-46
8.Garcia, M., Raes, D., and Jacobsen, S.E. 2003. Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. Agric. Water Manag. 60: 2.119-134.
9.García, M., Raes, D., Jacobsen, S.E., and Michel, T. 2007. Agroclimatic constraints for rainfed agriculture in the Bolivian Altiplano. J. Arid Environ. 71: 1. 109-121.
10.Ghaffari, A., Ghasemi, V.R., and De Pauw, E. 2014. Agro-climatically zoning of Iran by UNESCO approach. Iran Dry Agron J. 4: 63-95. (In persian)
11.Goldman, I. 2019. Plant breeding reviews: John Wiley and Sons.432 p.
12.Graf, B.L., Poulev, A., Kuhn, P., Grace, M.H., Lila, M.A., & Raskin, I. 2014. Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds with anti-diabetic properties. Food Chem. 163: 178-185.
13.Hinojosa, L., Matanguihan, J.B., and Murphy, K.M. 2019. Effect of high temperature on pollen morphology, plant growth and seed yield in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). J. Agron. Crop Sci. 205: 1. 33-45.
14.Jacobsen, S.E., Monteros, C., Corcuera, L.J., Bravo, L.A., Christiansen, J.L., and Mujica, A. 2007. Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Eur. J. Agron. 26: 4. 471-475.
15.Jacobsen, S.E. 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Rev. Int. 19: 1-2. 167-177.
16.Jacobsen, S.E., Monteros, C., Christiansen, J.L., Bravo, L.A., Corcuera, L.J., and Mujica, A. 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. Eur. J. Agron. 22: 2. 131-139.
17.James, L.E.A. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. Adv. Food and Nut. Res. 58: 1-31.
18.Jarvis, D.E., Ho, Y.S., Lightfoot, D.J., Schmöckel, S.M., Li, B., Borm, T.J. and Saber, N. 2017. The genome of Chenopodium quinoa. Nature, 542: 7641. 307.
19.Lesjak, J., and Calderini, D.F. 2017. Increased night temperature negatively affects grain yield, biomass and grain number in Chilean quinoa. Fron. Plant Sci. 8: 352.
20.Mhada, M., Jellen, E., Jacobsen, S., and Benlhabib, O. 2014. Diversity Analysis of a Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Germplasm during Two Seasons. World Academy of Science, Engineering and Technology, Int. J. Biol. Bio. Agri. Food & Biotec. Eng. 8: 3. 273-276.
21.Murphy, K.S., and Matanguihan, J.2015. Quinoa: Improvement and sustainable production: John Wiley and Sons. 258 p.
22.Nowak, V., Du, J., and Charrondière, U.R. 2015. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Chem. 193: 47-54.

23. Nsimba, R.Y., Kikuzaki, H., and Konishi, Y. 2008. Antioxidant activity of various extracts and fractions of Chenopodium quinoa and Amaranthus spp. seeds. Food Chem. 106: 2. 760-766.
24. Risi, C., and Galwey, N. 1989. Chenopodium grains of the Andes: a crop for temperate latitudes. New crops for food and industry/edited by GE Wickens, N. Haq, P. Day.
25. Salehi, M., Soltani, V., and Dehghani, F. 2019. Effect of sowing date on phenologic stages and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under saline condition. Env. Stresses Crop Sci. 12: 3. 923-932. (In Persian)
26. Soltani, A., Hammer, G.L., Torabi, B., Robertson, M.J., and Zeinali, E. 2006. Modeling chickpea growth and development: Phenological development. Field Crops Res. 99: 1. 1-13.
27. Tovar, J.C., Quillatupa, C., Callen, S.T., Castillo, S.E., Pearson, P., Shamin, A., . . ., and Gehan, M.A. 2020. Heating quinoa shoots results in yield loss by inhibiting fruit production and delaying maturity. Plant J. 727545:1-16.
28. Trognitz, B.R. 2003. Prospects of breeding quinoa for tolerance to abiotic stress. Food Rev. Int. 19: 1-2.129-137.
29. Vacher, J. J. 1998. Responses of two main Andean crops, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and papa amarga (*Solanum juzepczukii* Buk.) to drought on the Bolivian Altiplano: Significance of local adaptation. Agric. Ecosyst. Environ. 68: 1. 99-108.