نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۶- شماره ۱- پیاپند ۱۳۸ بهار ۱۴۰۲

گزینش ژنوتیپ‌های برتر کینوآ (*Chenopodium quinoa* willd) درمنطقه کاشمر به روش تحلیل نموداری

Selection of quinoa superior genotypes using geraphical methods in Kashmar region

مجید طاهریان[1*]- محمود باقری[2]

۱. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. ، (نگارنده مسئول)
۲. دانشیار، بخش تحقیقات سبزی و صیفی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۷ - شناسانهٔ برنمود قمی: 10.22092/aj.2024.364816.1670

چکیده

طاهریان ، م.، باقری، م.، **.گزینش ژنوتیپ‌های برتر کینوآ (*Chenopodium quinoa* willd) درمنطقه کاشمر به نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۶ - شماره ۱- پیاپند ۱۳۸ بهار ۱۴۰۲ صفحه: ۱۳۵-۱۱۹**

کینوآ (*Chenopodium quinoa* willd.) به دلیل تحمل بالا به تنش‌های خشکی و شوری به عنوان یک گیاه جدید موردتوجه قرار گرفته است. به‌منظور شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب کینوآ، ۱۰ ژنوتیپ کینوآ در قالب طرح بلوک‌های کـامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاشمر طی دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. صفات مورد اندازه‌گیری شامل تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، طول گل‌آذین، تعداد گل‌آذین، قطر طوقه، میزان ساپونین و عملکرد دانه بود. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ژنوتیپ برای همه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود در حالی که اثر متقابل ژنوتیپ×سال فقط برای صفت عملکرد معنی‌دار بود. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کینوآ در مجموع دو سال آزمایش، در دامنه‌ای بین ۸۱۲ (Q31) تا ۱۲۴۶ (Titicaca) کیلوگرم در هکتار قرار داشت. از تجزیه‌های بای‌پلات ژنوتیپ×صفت (GT) و بای‌پلات ژنوتیپ×عملکرد×صفت (GYT) جهت بررسی اهداف این پژوهش استفاده شد. همبستگی عملکرد دانه با صفات طول گل‌آذین، وزن هزار دانه و میزان ساپونین دانه مثبت و قوی بود درحالی که با صفات تعداد گل‌آذین، ارتفاع بوته و قطر طوقه منفی و قوی بود. براساس نتایج GTبای‌پلات در این پژوهش مشخص شد که ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا، از طول گل‌آذین و وزن هزار دانه بالاتر و تعداد گل‌آذین، قطر طوقه و ارتفاع بوته کمتر برخوردار بودند. براساس نتایج GYTبای‌پلات در این پژوهش بهترین ژنوتیپ‌ها در منطقه کاشمر براساس عملکرد دانه، وزن هزار دانه، طول گل‌آذین بالاتر، ارقام Titicaca، Giza1 و Redcarina بودند.

واژه های کلیدی: بای‌پلات، ژنوتیپ مطلوب، صفات موثر، عملکرد دانه.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: majidtaherian1@gmail.com

مقدمه

با توجه به تغییرات اقلیمی به وجود آمده در دنیا و مخصوصاً در ایران، نیاز به تغییرات جدی در الگوی کشت و همچنین تولید پایدار محصولات مختلف کشاورزی کاملاً محسوس می باشد. خشکی و کم آبی از یک سو و گسترش زمین های شور از طرفی دیگر، نیاز به معرفی گیاهان جدیدی که در عین رشد و تولید مناسب در شرایط نامناسب، بهره اقتصادی مناسب و قابل قبولی برای کشاورزان داشته باشند بیش از پیش ضروری ساخته است. در این خصوص نیاز به مطالعه و بررسی گیاهان بومی فراموش شده و همچنین گیاهان جدید دارای پتانسیل بالقوه وجود دارد. یک گزینه پیشنهادی مناسب، گیاه کینوا با خصوصیات تغذیه‌ای بسیار مناسب و ایده آل، متحمل یا مقاوم به طیف وسیعی از تنش های غیرزیستی و قیمت جهانی مناسب برای تولیدکنندگان می باشد. تحقیقات بر روی این گیاه از سال ۱۳۸۸ در ایران و در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر آغاز شد.

کینوآ (*Chenopodium quinoa* willd) از خانواده تاج خروس بومی فلات آند در قاره آمریکا، نزدیک دریاچه تیتیکا، در ارتفاع ۳۸۰۰ متری بالاتر از دریا است (Jacobsen *et al.*, 2003) .

کینوا در اقلیم‌های مختلف کشور کشت می‌شود در برخی مناطق با اقلیم معتدل به صورت بهاره، در فلات مرکزی به طور عمده در اواسط تابستان به پاییز و در جنوب کشور به صورت پاییزه کشت می‌شود. نیاز است برای هر اقلیم صفات مناسب برای معرفی ارقام شناسایی شود. در سال‌های اخیر پژوهش‌هایی جهت تعیین سازگاری، مقایسه ارقام و به‌نژادی کینوآ در کشور انجام شده است. در آزمایشی خصوصیات کمی و کیفی شش ژنوتیپ کینوا در کرج مورد مطالعه قرار گرفت و ژنوتیپ‌های برتر تعیین شدند (Abasi *et al.*, 2019). سه نمونه کینوا نیز به نام‌های Sajama، SantaMaria و Sajama Iranshahr مقایسه شدند که بالاترین عملکرد (۱۲۵۶ کیلوگرم در هکتار) از رقم SantaMaria حاصل شد (Tavoosi & Sepahvand, 2013) . در ارزیابی ۱۰ ژنوتیپ کینوآ در دو منطقه مشهد و میمه، بهترین و سازگارترین ژنوتیپ‌ها برای هر منطقه شناسایی شد (Bagheri *et al.*, 2018). دو رقم کینوآ (ساجاما و سانتاماریا) در اردیبهشت و مرداد ماه در کرج کشت شدند. نتایج نشان داد که کاشت در ماه مرداد محصول مناسب‌تری تولید کرد، ولی در کاشت در اردیبهشت، با وجود رشد رویشی مناسب و گلدهی و تولید خوشه، محصولی تولید نشد و دلیل آن مواجهه گلدهی گیاه با روزهای گرم و طولانی و عدم تولید بذر گزارش شد (Sepahvand *et al.*, 2010). در ارزیابی سازگاری ژنوتیپ‌های کینوآ دریافتی از فائو گزارش شد که نه ژنوتیپ به همراه ارقام Titicaca و Redcarina از عملکرد بالا و سازگاری خوبی در منطقه ایرانشهر برخوردار بودند (Miri, 2017). بررسی سازگاری و پایداری ذه ژنوتیپ کینوآ شامل Red Carina, Titicaca, Giza1, Q12, Q18, Q21, Q22, Q26, Q29, Q31 طی دو سال زراعی در چهار منطقه گرم جنوب کشور شامل جیرفت، ایرانشهر،

اهواز و بوشهر که به صورت پاییزه کشت شده بودند نشان داد که کمترین میانگین عملکرد مناطق با ۱۰۰۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به بوشهر و بیشترین میانگین عملکرد دانه با ۳۱۴۷/۵ کیلوگرم در هکتار متعلق به جیرفت بود. تجزیه پایداری عملکرد دانه نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های Q18، Q22، Titicaca و Q21 دارای پایدارترین عملکرد دانه در محیط‌های آزمایشی مذکور بودند (Bagheri *et al*., 2022).

در یک برنامه اصلاحی ژنوتیپ‌ها با دو چالش اصلی مواجه است ۱) اثر متقابل ژنوتیپ ×محیط برای صفت هدف ۲) روابط نامطلوب بین صفات هدف. جهت تعیین اثر متقابل ژنوتیپ ×محیط در یک صفت، GGE بای‌پلات روش مناسبی می‌باشد (Yan & Kang, 2003). اما چالش روابط نامطلوب بین صفات کلیدی ناشی از این حقیقت است که معمولا صفات هدف همبستگی منفی دارند، به‌طوری‌که بهبود در یک صفت اغلب به کاهش در یک یا بیش از یک صفت دیگر منجر می‌شود (Yan *et al*., 2019).

ارزیابی ژرم‌پلاسم و گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب باید براساس صفات چندگانه یا اهداف به‌نژادی باشد (Yan *et al*., 2019). در اغلب محصولات با وجود این‌که عملکرد هدف اصلی به‌نژادی می‌باشد، سایر صفات زراعی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. استفاده از تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ×صفت (GT) به شناسایی اثرات استراتژی انتخاب (به‌طور قابل توجهی اثرات نامطلوب) کمک می‌کند و از این‌رو روش‌های مناسب را برای افزایش راندمان برنامه‌های به‌نژادی شناسایی می‌کند (Taherian & Nkkhah, 2022). بای‌پلات ژنوتیپ×صفت شناسایی صفاتی که به‌طور غیرمستقیم برای انتخاب صفت هدف مد نظر قرار می‌گیرند را تسهیل می‌بخشد (Xu *et al*., 2017). تجزیه بای‌پلات GT همبستگی ژنتیکی بین صفات را نشان می‌دهد و به بررسی ارتباط بین ژنوتیپ، صفت و ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس چندین صفت می‌پردازد (Yan *et al*., 2019). کاربرد GT بای‌پلات به عنوان یک روش سودمند در گزینش ارقام مناسب برای کینوآ (Mohamed Al-Naggar *et al*., 2022; Afieh *et al*., 2018)، جو (Taherian & Nikkhah., 2022; Karahan & Akgün, 2020; Kendal, 2020; Rahmati, *et al*., 2021)، گندم نان (Gholizadeh & Dehghani. 2016; Merrick *et al*., 2020)، گندم دوروم (Mohammadi & Amri. 2011) گزارش شده است.

در پژوهشی که در مصر با بررسی ۳۷ ژنوتیپ کینوآ و ۲۸ صفت زراعی، مورفولوژیکی و کیفی با استفاده از روش GT biplot انجام شد، دو مولفه اول حدود ۶۰/۲۸ درصد از تنوع کل را توجیه کرد. در نمودار چند ضلعی ژنوتیپ‌ها در چهار بخش و صفات نیز در چهار بخش قرار گرفتند. عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، قطر طوقه و تعداد گل‌آذین همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (Mohamed Al-Naggar *et al*., 2022).

درصورتی ارزش اقتصادی یک صفت بالاتر است که با عملکرد بیشتر همراه باشد. در واقع، هدف به نژادی عملکرد بالا و قابل

قبول همراه با سطوح مطلوب دیگر صفات در ژنوتیپ می‌باشد. به همین منظور روش بای‌پلات ژنوتیپ ×عملکرد×صفت (GYT) برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس چندین صفت پیشنهاد شده است (Yan & Fregeau-Reid, 2018). بای‌پلات ژنوتیپ×عملکرد×صفت (GYT) براساس این مفهوم است که عملکرد مهم‌ترین صفت است و دیگر صفات تنها زمانی اهمیت دارند که با عملکرد دانه بالا همراه باشند (Yan *et al*., 2019; Yan & Fregeau-Reid, 2018).

شاخص GYT برتری کلی را اندازه‌گیری می‌کند و برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده می‌شود. شاخص GYT نسبت به شاخص‌های انتخاب کلاسیک برتر می‌باشد زیرا براساس این مفهوم است که عملکرد مهم‌ترین صفت است و در صورتی سطوح بالای دیگر صفات ارزشمندتر می‌شوند که با عملکرد بالا همراه باشند. بنابراین انتخاب بر اساس شاخص GYT از انتخاب و توصیه ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین ممانعت می‌کند (Yan *et al*., 2019).

کاربرد GYT بای‌پلات به عنوان یک روش سودمند در گزینش ارقام مناسب برای جو (Taherian, 2023; Karahan & Akgün, 2020; Kendal, 2020) و گندم نان (Merrick *et al*., 2023; Rahmati *et al*., 2020) گزارش شده است.

هدف از این مطالعه مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف کینوآ از لحاظ چندین صفت و تحلیل همبستگی بین صفات مختلف آن‌ها و همچنین انتخاب ژنوتیپ‌های برتر کینوآ بر اساس ترکیب صفات زراعی با عملکرد دانه با استفاده از روش‌های GT و GYT بای‌پات بود.

مواد و روش‌ها

ده ژنوتیپ کینوآ (جدول ۱)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاشمر در شرایط آبی طی دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. تاریخ کاشت دهم اسفند ماه هر سال بود. خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۲ و شاخص‌های هواشناسی طی دو سال آزمایش در جدول ۳ نمایش داده شده‌اند. در هر سال، بر اساس نیاز ۵ تا ۶ دور آبیاری انجام شد.

میزان بذر مصرفی بر اساس تراکم ۳۵ بوته در متر مربع برای هر ژنوتیپ تعیین گردید. کشت به صورت جوی و پشته و آبیاری به‌صورت نشتی انجام گرفت. نوع و میزان کود بر اساس آزمون خاک مصرف گردید. کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم، کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم بصورت پایه و کود ازته از منبع اوره بصورت پایه و سرک به مصرف رسیدند. تاریخ کشت در هر سال دهم اسفند ماه بود. در هر سال، بر اساس نیاز ۵ تا ۶ دور آبیاری انجام شد.

هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط ۵ متری به فاصله ۵۰ سانتیمتر بود که قبل از برداشت نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و بقیه (۸ متر مربع) برداشت شد. حذف علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ، از طریق وجین انجام شد. در طول دوره رشد علاوه بر مراقبت‌های زراعی، یادداشت‌برداری از کرت‌های آزمایشی شامل تعداد روز از کاشت تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، وزن هزار

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ های کینوآی مورد آزمایش

Table 1. Characteristics of tested quinoa genotypes

ردیف No.	ژنوتیپ Genotype	منشا Origin	سال ورود به کشور Year of entry into the country	نوع Variety	حساسیت به طول روز Sensitivity to photoperiod	زمان رسیدگی Maturity time	محتوای ساپونین Saponin content	رنگ غالب شاخ و برگ The dominant color of the foliage	رنگ غالب دانه(روشن، قرمز، سیاه) The dominant color of the seed
1	Redcarina	The Netherlands	2012	Cultivar	روز خنثی Neutral-day	متوسطرس Middle	نیمه‌تلخ Semi bitter	سبز Green	روشن Light
2	Titicaca	Denmark	2011	Cultivar	روز خنثی Neutral-day	زودرس Early	نیمه‌تلخ Semi bitter	سبز Green	روشن Light
3	Giza1	Egypt	2013	Cultivar	روز خنثی Neutral-day	زودرس Early	نیمه‌تلخ Semi bitter	سبز Green	روشن Light
4	Q12	US-Colorado (FAO)	2013	Accession	روز خنثی Neutral-day	متوسطرس Middle	نیمه‌تلخ Semi bitter	سبز Green	روشن Light
5	Q18	Chile (FAO)	2013	Accession	روز خنثی Neutral-day	زودرس تا متوسطرس Early to middle	نیمه‌تلخ Semi bitter	سبز Green	روشن Light
6	Q21	Chile (FAO)	2013	Accession	روز خنثی Neutral-day	زودرس تا متوسطرس Early to middle	نیمه‌تلخ Semi bitter	سبز Green	روشن Light
7	Q22	Chile (FAO)	2013	Accession	روز خنثی Neutral-day	متوسطرس Middle	نیمه‌تلخ Semi bitter	سبز Green	روشن Light
8	Q26	Chile (FAO)	2013	Accession	روز خنثی Neutral-day	زودرس تا متوسطرس Early to middle	نیمه‌تلخ Semi bitter	سبز Green	روشن Light
9	Q29	Chile (FAO)	2013	Accession	روز خنثی Neutral-day	زودرس تا متوسطرس Early to middle	نیمه‌تلخ Semi bitter	سبز Green	روشن Light
10	Q31	Chile (FAO)	2013	Accession	روز خنثی Neutral-day	متوسطرس Middle	نیمه‌تلخ Semi bitter	سبز Green	روشن Light

جدول ۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Soil properties at the experimental site

عمق Depth	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته pH	T.N.V %	کربن آلی O.C	ازت کل N (%)	فسفر قابل جذب P	پتاسیم قابل جذب K	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu	رس Clay (%)
						mg.kg^{-1}						
0-30	2.5	7.9	20.3	0.36	0.04	12	210	1.7	4.9	0.7	0.8	23

دانه، تعداد گل‌آذین، طول گل‌آذین و قطر طوقه به‌عمل آمد.

برای ارزیابی خصوصیات ژنوتیپ‌های مورد بررسی و مطالعه همبستگی بین صفات از مدل بای‌پلات ژنوتیپ×صفت (GT biplot) استفاده شد. مدل آماری این روش بر پایه رابطه ذیل می‌باشد (Yan *et al*., 2019).

$$\frac{T_{ij}-\bar{T}_j}{S_j}=\lambda_1\xi_{i1}\tau_{1j}+\lambda_2\xi_{i2}\tau_{2j}+\varepsilon_{ij}$$

که در آن T_{ij} ارزش متوسط ژنوتیپ i برای صفت j، $\bar{T}_j$ ارزش متوسط صفت j روی همه ژنوتیپ‌ها، S_j انحراف استاندارد صفت j بین میانگین‌های ژنوتیپ، λ_1 و λ_2 به ترتیب مقادیر منفرد مؤلفه‌های اصلی اول و دوم، ξ_{i1} و ξ_{i2} به ترتیب نمره‌های PC1 و PC2 برای ژنوتیپ i، τ_{1j} و τ_{2j} نمره‌های PC1 و PC2 برای صفت j و ε_{ij} باقیمانده مدل است. با توجه به این‌که صفات مختلف واحدهای متفاوت دارند، در ابتدا استانداردکردن داده‌ها برای از بین بردن واحدها صورت گرفت. استاندارد کردن با استفاده از رابطه $Z=\frac{X-\mu}{\sigma}$ انجام شد.

همچنین برای ارزیابی خصوصیات ژنوتیپ‌های مورد بررسی و مطالعه همبستگی بین ترکیبات عملکرد با صفات مختلف از مدل بای‌پلات ژنوتیپ×عملکرد×صفت (GYT biplot) استفاده شد. جدول GYT بر اساس ترکیب هر صفت و عملکرد دانه طبق روش یان و فرجورید (۲۰۱۸) به‌دست آمد. شاخص GYT هر ژنوتیپ نیز از محاسبه میانگین ترکیبات صفت- عملکرد دانه آن بر اساس جدول GYT استاندار شده بدست آمد

به منظور رسم نمودارهای GYT بای‌پلات، GT بای‌پلات و تجزیه واریانس مرکب داده‌ها از نرم‌افزارهای ADEL-R (Pacheco *et al*., 2015) و GEA-R (Pacheco *et al*., 2015) استفاده شد. همچنین آزمون بارتلت با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

جدول ۳- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاشمر طی سال های زراعی ۹۷ -۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷

Table 3. Meteorological data for Kashmar Agriculture Research Station for the cropping years of 2017-18 and 2018-19

سال Year	ماه Month	بارندگی (میلی متر) Rainfall (mm)	میانگین حداقل درجه حرارت Minimum temperature (°C)	میانگین حداکثر درجه حرارت Maximum temperature (°C)	میانگین درجه حرارت Average temperature (°C)
۱۳۹۶-۹۷ 2017-18	اسفند February-March	49	9.3	19	14.2
	فروردین March-April	31.1	11.9	23.5	17.7
	اردیبهشت April-May	22.4	15.3	27	21.2
	خرداد May-June	0	21.3	34.6	27.9
	تیر June-July	0	24.8	38.4	31.6
	اسفند February-March	52.8	4.3	13.8	9.1
۱۳۹۷-۹۸ 2018-19	فروردین March-April	97.7	11.3	21.1	16.2
	اردیبهشت April-May	2	16.1	27.4	21.8
	خرداد May-June	8.3	19.7	32.7	26.2
	تیر June-July	0	25.6	39	32.3

نتایج و بحث

قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، آزمون بارتلت به منظور بررسی یکنواختی واریانس محیط‌ها) سال(انجام شد و نتایج حاکی از این بود که واریانس محیط‌های مختلف برای همه صفات یکسان بوده) مقدار آماره کای- دو برای همه صفات غیرمعنی‌دار بود) و از این‌رو امکان تجزیه مرکب داده‌ها وجود داشت. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی نشان داد که اثر سال برای صفات مورد بررسی به جز ارتفاع بوته، تعداد گل‌آذین، قطر طوقه و میزان ساپونین معنی‌دار بود (جدول ۲). تفاوت بین سال‌ها می‌تواند ناشی از یکسان نبودن عوامل جوی همچون حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا و خاک در سال‌های اجرای آزمایش باشد. اثر ژنوتیپ نیز برای همه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی کافی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ×سال برای هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

جدول۴. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و سایر صفات ژنوتیپ های کینوآ در دو سال

Table 4. Combined analysis of variance for grain yield and other traits of quinoa genotypes in two years

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares								
		عملکرد دانه YLD	وزن هزار دانه TKW	ارتفاع بوته PLH	تعداد روز تا گلدهی DF	تعداد روز تا رسیدگی DMA	تعداد گل آذین NI	طول گل آذین LI	قطر طوقه DPC	میزان ساپونین SAP
سال Year	1	484022**	4.11**	295.3ns	199.3**	464.8**	67.26ns	26. 7**	111.6ns	0.0001ns
بلوک/سال Block/year	4	650.42	0.009	66.25	1.18	19.87	22.12	5.37	18.06	0.403
ژنوتیپ Genotype	9	147411**	0.132**	1302. 6**	220.7**	38.1**	37.9**	82.5**	31.14**	258**
ژنوتیپ× سال Genotype×Year	9	8730**	0.015ns	4.29ns	2.67ns	4.71ns	2.52ns	0.74ns	1.45ns	0.0001ns
خطای آزمایشی Error	36	2631	0.102	57.55	4.41	3.74	7.58	3.53	9.88	0.063
ضریب تغییرات (CV%)	-	5.01	6.37	6.17	4.35	1.64	14.99	6.23	22.02	4.67

عملکرد دانه Yield (YLD)، وزن هزار دانه Thosand Kernel Weight (TKW)، ارتفاع بوته Plant Height (PLH)، تعداد روز تا گلدهی Days to Flowering (DF)، تعداد روز تا رسیدگی Days to Maturity (DMA)، تعداد گل آذین Number of Inflorescences (NI)، طول گل آذین Length of Inflorescences (LI)، قطر طوقه Diameter of Plant Crown (DPC)، میزان ساپونین Saponin (SAP).

کمترین ضریب تغییرات مربوط به صفت تعداد روز تا رسیدگی با ۱/۶۴ درصد بود و بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفت قطر طوقه با ۲۲/۰۲ درصد بود (جدول ۴). ماهیت صفات از نظر اندازه‌گیری کمی و پیوسته بودن داده‌ها بیشترین تاثیر را بر ضریب تغییرات دارد. البته بالا بودن ضریب تغییرات می‌تواند افزون بر دقت آزمایش مربوط به عامل‌های غیرقابل کنترل)شیب، رطوبت، ناهمگنی خاک و غیره(موثر بر صفات اندازه‌گیری شده نیز باشد.

میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کینوآ در مجموع دو سال آزمایش، در دامنه‌ای بین ۸۱۲ (Q31) تا ۱۲۴۶ (Titicaca) کیلوگرم در هکتار قرار داشت. میانگین کل عملکرد دانه برای سال‌های اجرای آزمایش ۱۰۲۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵).

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه و سایر صفات زراعی ژنوتیپ های کینوآ طی سال های اجرای آزمایش (۱۳۹۸ و ۱۳۹۷)

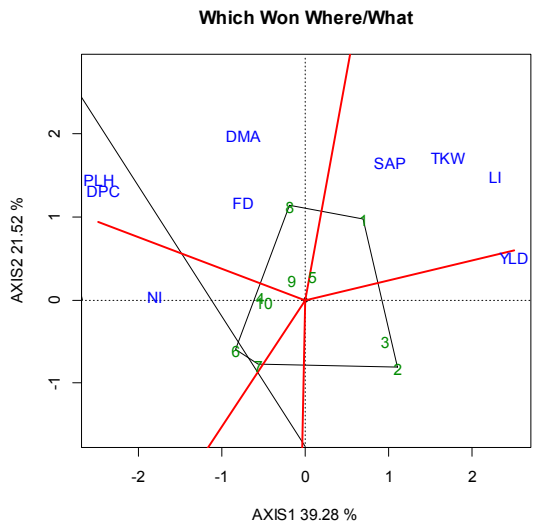
Table 5. Mean of grain yield of quinoa genotypes in the years of trial (2017and 2018)

ژنوتیپ	عملکرد دانه (کیلوگرم/هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد روز تا گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی	تعداد گل آذین	طول گل آذین (سانتی‌متر)	قطر طوقه (سانتی‌متر)	ساپونین (میلی گرم/گرم)
Genotype	YLD (kg/ha)	TKW (gr)	PLH (cm)	DF	DMA	NI	LI (cm)	DPC (cm)	SAP (mg/gr)
Redcarina	1189 ^{a}	1.67 ^{bc}	121.67 ^{cd}	53.33 ^{a}	120 ^{b}	15 ^{c}	35.33 ^{a}	13.67 ^{ab}	6.43 ^{a}
Titicaca	1246 ^{a}	1.73 ^{ab}	100 ^{e}	40.17 ^{d}	113.67 ^{f}	16.17 ^{bc}	31.67 ^{b}	11 ^{b}	5.13 ^{c}
Giza1	1194 ^{a}	1.58 ^{cd}	100 ^{e}	46.5 ^{c}	115.67 ^{ef}	17.17 ^{bc}	33.5 ^{ab}	10.65 ^{b}	5.6 ^{b}
Q12	1016 ^{c}	1.42 ^{e}	141.83 ^{a}	53.83 ^{a}	119.5 ^{bc}	15.83 ^{bc}	28 ^{c}	15.75 ^{a}	4.67 ^{d}
Q18	886 ^{d}	1.65 ^{bc}	118.83 ^{d}	40.67 ^{d}	122.67 ^{a}	18.33 ^{bc}	34.17 ^{a}	13.92 ^{ab}	5 ^{c}
Q21	868 ^{de}	1.45 ^{e}	132.33 ^{ab}	39.67 ^{d}	116.17 ^{de}	22.33 ^{a}	26.33 ^{c}	17.33 ^{a}	4.97 ^{c}
Q22	887 ^{d}	1.4 ^{e}	122.33 ^{cd}	54 ^{a}	117.5 $^{b-e}$	19.5 ^{ab}	25.83 ^{c}	13.54 ^{ab}	4.43 ^{d}
Q26	1115 ^{b}	1.85 ^{a}	140.25 ^{a}	50.33 ^{b}	118.67 $^{b-d}$	22.33 ^{a}	33 ^{ab}	17.42 ^{a}	5.6 ^{b}
Q29	1043 ^{c}	1.65 ^{bc}	130.58 ^{bc}	53.83 ^{a}	118 $^{b-e}$	18.33 ^{bc}	27.33 ^{c}	14.58 ^{ab}	5.57 ^{b}
Q31	812 ^{e}	1.48 ^{de}	132.5 ^{ab}	50.67 ^{b}	117 $^{c-e}$	18.67 ^{bc}	26.5 ^{c}	14.83 ^{ab}	6.3 ^{a}
میانگین Mean	1025	1.59	124.03	48.30	117.88	18.37	30.17	14.27	5.37

عملکرد دانه (Yield (YLD)، وزن هزار دانه (Thosand Kernel Weight (TKW)، ارتفاع بوته (Plant Height (PLH)، تعداد روز تا گلدهی (Days to Flowering (DF)، تعداد روز تا رسیدگی (Days to Maturity (DMA)، تعداد گل آذین (Number of Inflorescences (NI)، طول گل آذین (Length of Inflorescences (LI)، قطر طوقه گیاه (Diameter of Plant Crown (DPC)

تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ×صفت

نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ×صفت ۱۰ ژنوتیپ کینوآ و نه صفت زراعی مهم در شکل ۱ ارائه شده است. در این شکل ژنوتیپ‌هایی که بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات دارند، به‌وسیله تعدادی خطوط مستقیم به هم وصل شده و سایر ژنوتیپ‌ها در درون چند ضلعی قرار می‌گیرند (Yan, 2001). بای‌پلات ۶۰/۸ درصد از تنوع کل داده‌های استاندارد شده را تبیین کرد (شکل ۱). در یک پژوهش با استفاده از ۲۷ صفت در ژنوتیپ‌های کینوآ دو مولفه اول بای‌پلات حدود ۶۰/۲۸ درصد از تنوع کل را توجیه کردند (Mohamed Al-Naggar *et al.,* 2022). براساس شکل ۱ صفات به چهار گروه و ژنوتیپ‌ها نیز به چهار گروه تقسیم شدند. گروه اول شامل صفات طول گل‌آذین، وزن هزار دانه، میزان ساپونین بود. در راس این گروه ژنوتیپ شماره ۱(Redcarina) قرار داشت که دارای بلندترین طول گل‌آذین و بیشترین میزان ساپونین بود. طول گل‌آذین صفت مطلوبی است چرا که بیانگر تعداد دانه بیشتر است. گروه دوم، شامل صفت عملکرد دانه بود. هرچند عملکرد در یک گروه مجزا قرار گرفت ولی هم‌مرز با گروه اول بود و با فاصله اندکی در مجاورت ژنوتیپ‌های گروه اول و گروه دوم قرار داشت. لذا ژنوتیپ‌های دو گروه مذکور علاوه بر دارا بودن مقادیر بالای صفات اختصاصی هر گروه (طول گل‌آذین و میزان ساپونین در گروه اول) از عملکرد دانه بالایی نیز برخوردار بودند. این ژنوتیپ‌ها شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱ (Redcarina)، شماره ۲ (Titicaca) و شماره ۳ (Giza1) بودند (شکل ۱). گروه سوم دربرگیرنده صفت تعداد گل‌آذین در بوته بود و ژنوتیپ‌های‌های شماره ۶ (Q21) و ۷ (Q22) در رأس چندضلعی قرار داشتند. صفات فنولوژیکی تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی و صفات ریخت‌شناسی ارتفاع



شکل ۱- نمایش چندضلعی بای‌پلات ژنوتیپ ×صفت ژنوتیپ های کینوآ طی دو سال آزمایش

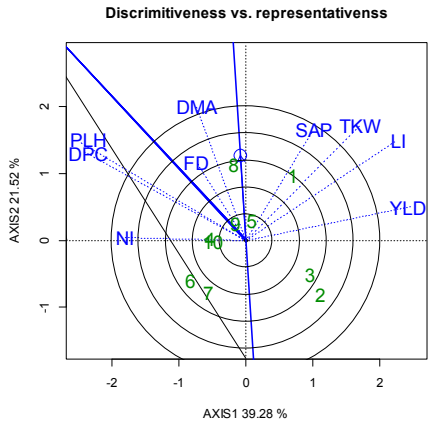
Figure. 1. Polygon view of genotpe×trait (GT) biplot for quinoa genotypes during two years of experiment

عملکرد دانه Yield (YLD)، وزن هزار دانه Thosand Kernel Weight (TKW)، ارتفاع بوته Plant Height (PLH)، تعداد روز تا گلدهی Days to Flowering (DF)، تعداد روز تا رسیدگی Days to Maturity (DMA)، تعداد گل‌آذین Number of Inflorescences (NI) ، طول گل‌آذین Length of Inflorescences (LI)، قطر طوقه گیاه Diameter of Plant Crown (DPC)، میزان ساپونین Saponin (SAP).

بوته و قطر طوقه در گروه چهارم قرار گرفتند و ژنوتیپ شماره ۸ (Q26) در راس چند ضلعی قرار داشت. (شکل ۱). در پژوهشی با بررسی هشت صفت در شش ژنوتیپ کینوآ با استفاده از GT بای‌پلات گزارش شد که صفات به سه گروه و ژنوتیپ‌ها به پنج گروه تفکیک شدند (Afiah *et al.*, 2018).

بررسی رابطه بین صفات

دو مولفه اول بای‌پلات ژنوتیپ×صفت حدود ۶۰/۸ درصد از تنوع کل را توضیح داد (شکل ۲). این واریانس نسبتا متوسط، بیان‌گر پیچیدگی روابط بین صفات بود. با وجود این، الگوهای اساسی میان صفات توسط بای‌پلات قابل تفسیر هستند (Kroonenberg, 1995). در GTبای‌پلات، یک بردار از مرکز بای‌پلات به نقطه مختصات هر صفت رسم شده و تجسم و تصویرسازی روابط میان صفات را تسهیل می‌کند. طول بردار صفات، توانایی صفات در تبعیض ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. صفات با طول بردار بلندتر قدرت تفکیک بالاتری دارند و صفات با طول بردار کوتاه‌تر بالعکس. بر این اساس نمایش برداری بای‌پلات GT نشان داد که بیشترین تنوع توجیه شده ناشی از ارتفاع بوته، قطر طوقه و طول گل‌آذین بود. صفت تعداد روز تا گلدهی کمترین نقش در ایجاد تنوع را به خود اختصاص داد (شکل ۲). به شرط آن‌که بای‌پلات نسبت مناسبی از تنوع کل را توجیه کند، ضریب همبستگی بین دو صفت از طریق کسینوس زاویه بین بردارهای آن دو صفت برآورد می‌شود. همبستگی قوی مثبتی بین عملکرد دانه با صفات طول گل‌آذین، وزن هزار دانه و میزان ساپونین مشاهده شد که بیان‌گر این بود که این صفات در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها مشابه هم عمل کردند (شکل ۲). طول گل‌آذین بیشتر بیانگر تعداد دانه بیشتر می‌باشد. بنابراین دو جزء عملکرد یعنی تعداد دانه و وزن هزار

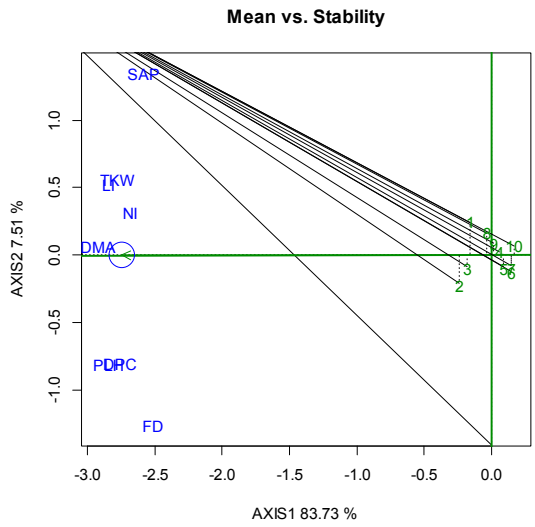


شکل ۲- نمایش بای پلات روابط بین صفات و ژنوتیپ های کینوآ

Figure 2. Biplot view for relationship between traits and quinoa genotypes

عملکرد دانه (Yield (YLD، وزن هزار دانه (Thosand Kernel Weight (TKW، ارتفاع بوته (Plant Height (PLH، تعداد روز تا گلدهی Days to Flowering (DF)، تعداد روز تا رسیدگی (Days to Maturity (DMA، تعداد گل‌آذین (Number of Inflorescences (NI ، طول گل آذین(Length of Inflorescences (LI، قطر طوقه گیاه (Diameter of Plant Crown (DPC، میزان ساپونین (Saponin (SAP.

دانه بیشترین تاثیر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند. همچنین این نتایج نشان می‌دهند ژنوتیپ‌های با محتوای ساپونین بیشتر از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند. ارقام با ساپونین بیش از ۱۰ میلی گرم در گرم، ارقام تلخ محسوب می شوند، ارقام زراعی کینوا موجود در کشور غالباً جزو این گروه نیستند. ارقام با ساپونین بین ۱ تا ۱۰ میلی گرم در گرم ارقام نیمه شیرین محسوب می شوند (Bagheri *et al.*, 2018). ارقام تلخ و غالب ارقام نیمه شیرین جهت مصرف نیاز به ساپونین زدائی دارند. ارقام با ساپونین کمتر از ۱ میلی گرم در گرم ارقام شیرین به شمار می آیند. علیرغم مزیت ظاهری ارقام شیرین، متاسفانه این ارقام غذای مناسبی برای پرندگان بوده و معمولا مزارع ارقام کینوا شیرین با مشکل هجوم پرندگان و تلفات بالا مواجه هستند. مضاف به این‌که معمولا وجود ساپونین در گیاهان سطح مقاومت یا تحمل به آفات و بیماری ها را بالاتر می برد و لذا وجود ساپونین علیرغم ایجاد تلخی دارای مزایائی نیز می باشد. همبستگی عملکرد دانه و تعداد گل‌آذین بسیار قوی و منفی بود. از طرفی همبستگی طول گل‌آذین با تعداد گل‌آذین نیز منفی و قوی بود. احتمالا تعدد بیش از حد گل‌آذین در بوته باعث کوتاه‌تر شدن گل‌آذین اصلی و رقابت بین گل‌آذین‌ها در گیاه شده و در نهایت اثر منفی بر عملکرد دانه گذاشته است. همبستگی بین عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته و قطر طوقه نیز منفی و قوی بود. این بدین مفهوم است که ژنوتیپ‌های کوتاه‌تر و با قطر طوقه کمتر دارای عملکرد دانه بیشتری بودند. ممکن است رقابت بخش زایشی و رویشی گیاه تفسیر این موضوع باشد. همبستگی صفات فنولوژیکی با صفات ارتفاع بوته و قطر طوقه مثبت و قوی بود که بیانگر این موضوع است که هرچه ژنوتیپ دیررس‌تر باشد از رشد رویشی بیشتری برخوردار است. همچنین همبستگی صفات فنولوژیکی با محتوای ساپونین مثبت و قوی



شکل ۳- بای پلات ATC ژنوتیپ×عملکرد× صفت برای رتبه بندی ژنوتیپ ها براساس برتری کلی آنها

Fig. 3. Biplot of the average-tester coordination (ATC) for ranking genotypes based on their overall superiority

عملکرد دانه Yield (YLD)، وزن هزار دانه Thosand Kernel Weight (TKW)، ارتفاع بوته Plant Height (PLH)، تعداد روز تا گلدهی Days to Flowering (DF)، تعداد روز تا رسیدگی Days to Maturity (DMA)، تعداد گل‌آذین Number of Inflorescences (NI) ، طول گل آذین Length of Inflorescences (LI)، قطر طوقه گیاه Diameter of Plant Crown (DPC)، میزان ساپونین Saponin (SAP).

بود که نشان می‌دهد ارقام دیررس‌تر از ساپونین بیشتری نیز برخوردار بودند (شکل ۲). در یک پژوهش همبستگی وزن هزار دانه با قطر طوقه، ارتفاع بوته و طول گل آذین منفی و معنی دار عنوان شد. همبستگی عملکرد دانه با وزن هزار دانه مثبت و معنی دار گزارش شد. ژنوتیپ‌های با قدرت رشد زیاد، دانه زیادی تولید نکردند. همبستگی قطر طوقه و ارتفاع بوته بسیار معنی‌دار و مثبت بود (Thiam *et al.*, 2021).

در پژوهشی که با استفاده از ژنوتیپ‌های کینوآ در مصر انجام شد روابط بین صفات با استفاده از GT بای‌پلات بررسی شد و نتایج حاکی از همبستگی مثبت وزن هزار دانه و تعداد گل‌آذین با عملکرد دانه بود (Afiah *et al.*, 2018).

رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس ترکیب عملکرد- صفت و شاخص GYT

براساس ترکیب عملکرد - صفت، ژنوتیپ‌های شماره ۲ (Titicaca)، ۳ (Giza1)، ۱ (Redcarina) و ۸ (Q26) به ترتیب بهترین ژنوتیپ‌ها بودند (شکل ۳). این ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد ارزیابی در حد مطلوب و متعادل بودند. بای‌پلات GYT علاوه بر رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس برتری آنها، نقاط قوت و ضعف ژنوتیپ‌ها را از نظر صفات مورد ارزیابی نمایان می‌سازد. به‌طورکلی ژنوتیپ‌هایی که در پایین محور افقی قرار گرفتند به مقادیر کمتر ارتفاع بوته، قطر طوقه و تعداد روز تا گلدهی متمایل بودند و برعکس دارای مقادیر نسبتا بالای طول گل‌آذین، وزن هزار دانه و میزان ساپونین بودند. در حالی که ژنوتیپ‌هایی که در بالای محور افقی قرار گرفتند از مقادیر بالای ارتفاع بوته، قطر طوقه و تعداد روز تا گلدهی برخوردار بودند (شکل ۳).

جدول ۶- داده های استاندارد شده ژنوتیپ × عملکرد×صفت و شاخص GYT ژنوتیپ های کینوآ در مناطق اجرای آزمایش

Table 6. Standardiezed data of genotype*yield*trait and GYT index for quinoa genotypes in regions of trials

شاخص GYT	عملکرد×میزان ساپونین	عملکرد دانه×طول گل‌آذین	عملکرد دانه×تعداد گل‌آذین	عملکرد×تعداد روز تا رسیدگی	عملکرد دانه×تعداد روز تا گلدهی	عملکرد دانه×قطر طوقه	عملکرد دانه×ارتفاع بوته	عملکرد دانه×وزن هزار دانه	ژنوتیپ
GYT Index	YLD*SAP	YLD*LI	YLD*NI	YLD*DMA	YLD*DF	YLD*DPC	YLD*PLH	YLD*TKW	Genotype
1.49	5.86	1.38	1.52	0.85	0.17	0.55	0.6	0.94	Redcarina
1.99	4.83	1.06	1.37	1.6	2.14	1.73	1.82	1.41	Titicaca
1.63	5.07	1.12	0.85	1.14	0.93	1.68	1.58	0.67	Giza1
0.15	3.47	-0.36	0.48	-0.15	-0.6	-0.45	-0.59	-0.54	Q12
0.001	3.2	-0.13	-0.62	-1.06	0.05	-0.49	-0.46	-0.49	Q18
-0.38	3.11	-1.09	-1.28	-0.88	0.07	-1.1	-0.87	-1.05	Q21
-0.39	2.79	-1.08	-0.82	-0.82	-1.16	-0.41	-0.55	-1.1	Q22
0.74	4.7	0.71	-0.51	0.48	0.13	-0.48	-0.24	1.15	Q26
0.43	4.34	-0.36	-0.03	0.09	-0.49	-0.14	-0.22	0.22	Q29
-0.52	3.77	-1.26	-0.96	-1.26	-1.25	-0.89	-1.07	-1.21	Q31

شاخص GYT هر ژنوتیپ بر اساس میانگین کلیه صفات هر ژنوتیپ به‌دست آمد و بر اساس این شاخص ژنوتیپ‌ها رتبه‌بندی شدند (جدول ۶). براساس شاخص GYT، ژنوتیپ‌های شماره ۲ (Titicaca)، ۳ (Giza1)، ۱ (Rescarina) به ترتیب بهترین ژنوتیپ‌ها بودند. از طرفی این ژنوتیپ‌ها فاقد مقادیر منفی برای ترکیب عملکرد با صفات مختلف بودند. این امر بیانگر برتری نسبی این ژنوتیپ‌ها در ترکیب عملکرد دانه با صفات مورد ارزیابی بود. مقدار شاخص GYT برای ژنوتیپ Q18 نزدیک به صفر (۰/۰۰۱) بود و بدین مفهوم است که این ژنوتیپ دارای مقادیر متوسط صفات مورد ارزیابی در این پژوهش بوده‌است.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش از GT و GYT بای‌پلات جهت بررسی روابط بین صفات و شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب براساس چندین صفت به طور همزمان استفاده شد. همبستگی عملکرد دانه با صفات طول گل‌آذین، وزن هزار دانه و میزان ساپونین دانه مثبت و قوی بود درحالی که با صفات تعداد گل‌آذین، ارتفاع بوته و قطر طوقه منفی و قوی بود. براساس نتایج GT بای‌پلات در این پژوهش مشخص شد که ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا، از طول گل‌آذین و وزن هزار دانه بالاتر و تعداد گل‌آذین، قطر طوقه و ارتفاع بوته کمتر برخوردار بودند. براساس نتایج GYT بای‌پلات در این پژوهش بهترین ژنوتیپ‌ها در منطقه کاشمر براساس عملکرد دانه، وزن هزار دانه، طول گل‌آذین بالاتر، ارقام Titicaca، Giza1 و Redcarina بودند. ارقام Titicaca و Giza1 زودرس و رقم Redcarina متوسط‌رس بودند. هرسه رقم روزخنثی و دارای محتوای ساپونین متوسط (گروه نیمه تلخ) هستند.

References

Abasi, S., Cordnaeich, A., and Bagheri, M. 2018. Evaluation of genetic diversity of new chenopodium quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivars based on agromorphological traits. 15th National Iranian Congress Science Congress, 2-5 Sep. 2019. Karaj, Iran. (In Persian with English abstract).

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

Bagheri, M., Miri, Kh., Kloshkam, S. G., Anafjeh, Z., and Keshavarz, S. 2022. Assessment of adaptability and seed yield stability of autumn sown quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes using AMMI analysis. *Seed and Plant*, 38: 453-472. (in Persian with English abstract).

Bagheri, M., Zamani, M.R., Shouride, H., Molaei, A.R., Mansourian, A., and Heydari, F. 2018. Evaluation of compatibility of quinoa genotypes in Mashhad and Isfahan. Final Research Project Report, Agricultural Research and Information Center, Registration No. 53795. (In Persian with English abstract).

Gholizadeh, A., and Dehghani, H. 2016. Graphic analysis of trait relations of Iranian bread wheat germplasm under non-saline and saline conditions using the biplot method. *Genetika*, 48(2): 473-486.

Jacobsen, S.E., Mujica, A., and Jensen, C., 2003. The resistanceof quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food Reviews International*, 19: 99-109.

Karahan, T., and Akgün, I. 2020. Selection of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes by GYT (genotype × yield × trait) biplot technique and its comparison with GT (genotype × trait). *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(1):1347-1359.

Kendal, E. 2020. Evaluation of some barley genotypes with genotype by yield*trait (GYT) biplot method. *Agriculture and Forestry*, 66 (2): 137-150.

Kendal, E., Karaman, M., Tekdal, S., and Dogan, S. 2019. Analysis of promising

barley (*Hordeum vulgare* L.) lines performance by AMMI and GGE biplot in multiple traits and environment. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2): 5219-5233.

Kroonenberg, P. M. 1995. Introduction to biplots for G×E tables. Department of mathematics, research report 51. University of Queensland.

Merrick, L. F., Glover, K. D., Yabwalo, D., and Byamukama, E. 2020. Use of genotype by yield*trait (GYT) Analysis to select hard red spring wheat with elevated performance for agronomic and disease resistance traits. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*, 2(2): 1-18.

Miri, Kh. 2017. Evaluation of compatibility of quinoa genotypes to Iranshahr region. Final Report of the Research Project. Baluchestan Agriculture and Natural Resources Research and Training Center, Iranshahr, Iran. Agricultural Research and Extension Research Organization. (In Persian with English abstract).

Mohamed Al-Naggar, A. M., Mahmoud Younis, A. S., Mohamed Atta, M., Lotfy Abd El-Moneim, M., and Sabry Al-Metwally, M. 2021. Multivariate of genetic diversity among thirty-seven *Chenopodium quinoa* genotypes under organic and mineral fertilzation. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 23 (7&8): 72-93.

Mohammadi, R., and Amri, A. 2011. Graphic analysis of trait relations and genotype evaluation in durum wheat. *Journal of Crop Improvement*, 25: 680-696.

Pacheco, A., Rodríguez, F., Alvarado, G., and Burgueño, J. 2017. "ADEL-R. Analysis and design of experiments with R for Windows. Version 2.0", https://hdl.handle.net/11529/10857, CIMMYT Research Data & Software Repository Network, V3.

Pacheco, A., Vargas, M., Alvarado, G., Rodríguez, F., Crossa, J., and Burgueño, J. 2015. "GEA-R (Genotype x Environment Analysis with R for Windows) Version 4.1", https://hdl.handle.net/11529/10203, CIMMYT Research Data & Software Repository Network, V16.

Rahmati, M., Ahmadi, A., Hossein Pour, T., Hamidiyan, K., and Reisvand, M. 2021. Evaluation of yield potential of barley genotypes and identification

of traits related to improving grain yield under rainfed conditions. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*, 10 (1): 57-71 (In Persian).

Sepahvand, N.A., Tavazoa, M., and Kohbazi, M. 2010. Quinoa valuable plant for alimentary security and adaptation agricultural in Iran. 11th National Iranian Crop Science Congress. 24-26 Jul. 2010. Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Taherian, M. 2023. Identification of superior barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) based on yield stability and optimal agronomic traits in Khorasan Razavi province. *Journal of Crop Breeding*, 15 (47): 174-185 (in Persian with English abstract).

Taherian, M., and Nikkhah, H. R. 2022. Analysis of yield stability, heritability and characterization of barley promising lines in Nishabour. *Applied Research in Field Crops*, 35 (3): 28-45(in Persian with English abstract).

Taherian, M., and Nikkhah, H. R. 2022. Evaluation and Characterization of Barley Inbred Lines in Temperate Regions of Country. *Journal of Crop Breeding*, 14 (43):105-116 (in Persian with English abstract).

Tavoosi, M., and Sepahvand, N. A. 2012. Evaluation of different genotypes of quinoa for yield and other phenological characteristics in khuzestan. 12th Iranian Genetic Congress. 21-23 May, 2012. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Thiam, E., Allaoui, A., and Benlhabib, O. 2021. Quinoa productivity and stability evaluation through varietal and environmental interaction. *Plants*, 10 (714): 1-14.

Xu, N., Fok, M., Li, J., Yang, X., and Yan, W. 2017. Optimization of cotton variety registration criteria aided with a genotype- by-trait biplot analysis. *Scientific Reports*, 7: 17237.

Yan, W. 2001. GGE biplot–A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93: 1111–1118.

Yan, W., and Kang, M.S. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.

Yan, W., and Rajcan, I. 2002. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42: 11-20.

Yan, W., Fregeau-Reid, J., Mountain, N., and Kobler, J. 2019. Genotype and management evaluation based on genotype by yield×trait (GYT) analysis. *Crop Breeding Genetics and Genomics*, 1(1): 1-21.

Selection of quinoa superior genotypes using geraphical methods in Kashmar region

Majid Taherian[1*],Mahmood Bagheri[2]

1. Assistant Professor of Horticulture Crop Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Resaerch and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. . (Corresponding author)
2. Associated Professor of Vegetable Crops and Pulse Crop Research Department, Seed and Plant Improvement Research Institute, AREEO, Karaj, Iran.

Received: January 2024 Accepted: August 2024- DOI: 10.22092/aj.2024.364816.1670

Extended Abstract

Taherian, M., Bagheri, M., Selection of quinoa superior genotypes using geraphical methods in Kashmar region.
Applied Research in Field Crops Vol 36, No. 1, 2023 16-18: 119-135(in Persian)

Introduction

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is an annual seed crop from the Andean region of South America. The broad adaptation, high nutritional value, and health benefits of quinoa have contributed to its recent rise in popularity across the globe (Hinojosa *et al*., 2019).Quinoa seeds provide a high-quality protein diet to humans, as they typically contain significant amounts of the nine essential amino acids. Quinoa also possesses high concentrations of iron, calcium, and phosphorus (Vilcacundo and Hernández-Ledesma, 2017), has unique extrusion properties and has important end-use quality and consumer acceptance characteristics (Aluwi *et al*., 2017). Quinoa has the capacity to grow and adapt to marginal environments in many regions across the globe, and it exhibits notable tolerance to abiotic stressors such as drought and salinity. In breeding studies, when trying to develop a cultivar trait, it is possible to disrupt another trait. For this reason, the genotype × yield × trait (GYT) biplot evaluates all the traits together and provides more accurate results. In this regard, quinoa breeders should know whether any trait is negatively

Email address of the corresponding author: majidtaherian1@gmail.com

or positively correlated with grain yield. The aim of this study was to assess genotypes evaluation and trait profiles of quinoa using the GYT and GT biplot techniques and characterization of quinoa based on multiple traits under irrigation conditions.

Materials&Methods

10 quinoa genotypes (G1-G10) were studied during 2017 and 2018 at Kashmar Agricultural Research Station. The experimental design was a randomized complete block with three replications. Several main traits i.e., days to heading (DH), days to maturity (DMA), plant height (PLH), thousand kernel weight (TKW), length of inflorescences (LI), saponin content (S) and grain yield (GY) were recorded for all genotypes. Genotype by yield by trait (GYT) biplot and genotype by trait (GT) biplot methods were used to select and characterize superior genotypes based on multiple traits. The combined analysis of variance for GY and other traits was conducted using ADEL-R software. The GYT biplot and GT biplot methodologies were employed to select and characterize quinoa genotypes based on multiple traits using GEA-R software.

Results&Discussion

The combined analysis of variance showed that the effect of genotype and genotype×year was significant at 1% probability level for all traits whereas the effect of genotype×year was significant only for GY. On the whole, the mean of GY for the evaluated genotypes in the all years of the trial varied from 812 (Q31) to 1246 (Titicaca) kg/ha. Based on GT-Biplot polygon, Titicaca, Redcarina and Giza1 genotypes displayed high grain yield, thousand kernel weight, length of inflorescences and saponin content. The vector view of GT biplot showed high positive correlation between grain yield with thousand kernel weight, length of inflorescences, saponin content and negative correlation with number of inflorescences, plant height and diameter of plant crown. Based on the GYT results, the genotypes Titicaca, Redcarina and Giza1 were the best in combining grain yield with the evaluated traits, respectively. According to the GYT index, Titicaca, Redcarina and Giza1 had the highest values, respectively. On the other hand, these theree cultivars did not have negative values for combined yield with different

traits. This indicated the relative superiority of these genotypes in combining grain yield with the evaluated traits. The value of GYT index for Q18 genotyoe was close to zero (0.001), indicating that this genotype exhibited average values of traits in this study.

Conclusion:

Based on the results, the cultivars Titicaca, Redcarina and Giza1 were the highest-yielding genotypes They were distinguished by their high thousand kernel weight, length of inflorescences and considerable saponin content and low to medium plant height and diameter of plant crown in Kashmar condition. Also the GYT and GT biplot offer a useful analytical tool for examining the variation among sets of genotypes, exploring multiple trait data, which will aide in multi-trait selection.

Keywords: Biplot, Effective traits, Grain yield, Ideal genotype.

References

Aluwi, N., Murphy, K.M., and Ganjyal, G.M. 2017. Physicochemical characterization of different varieties of quinoa. *Cereal Chemistry,* 94:847–856.

Hinojosa, L., Kumar, N., Gill, K., and Murphy, K. 2019. Spectral reflectance indices and physiological parameters in quinoa under contrasting irrigation regimes. *Crop Science,* 59:1927–1944.

Vilcacundo, R., and Hernández-Ledesma, B. 2017. Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion Food Science*, 14:1–6.