Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Adaptability and yield stability of black seed quinoa compared to white seed lines under saline conditions

Masoumeh Salehi[1*], Farhad Dehghani[2], Yousef Hasheminegad[3], Alidad Karami[4], Seyed Afshin Mosavat[5]

[1] Corresponging author, Associate professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran, Email: salehimasomeh@gmail.com
[2] Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran, Email: dehghany47@gmail.com
[3] Assistant Professor, Agricultural and National Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran, Email: hasheminejhad@gmail.com
[4] Associate professor, Agricultural and National Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran, Email: alidad_karami@yahoo.com
[5] Assistant Professor, Agronomy and Horticultural Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran, Email: afshinmosavat@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-1-13
Accepted: 2024-12-22

Keywords:
Chenopodium quinoa
Genotype × Environment interaction
Rahmat Cultivar
Seed size

ABSTRACT

Introduction: Quinoa is a dicotyledonous plant from the Amaranthaceae family. Due to the high nutritional value of seeds, numerous breeding programs carried out on quinoa worldwide. Black, red and white are commercial seed colors of quinoa. The Sadouq variety has been introduced as a white seed variety and is tolerant to salt stress. The purpose of introducing the black seed variety is the market demand for the production of three-color quinoa. The aim of this research is to investigate the compatibility of quinoa variety Rahmat with black and large seeds in comparison with white seed cultivars and lines.

Materials and methods: This study was conducted during two crop years (2018-2019) in four regions (Yazd, Sabzevar, Shiraz and Iranshahr) in the form of a complete randomized block design with six genotypes and three replications. The planting date in each region was determined based on the daily weather conditions in each region. After harvesting, seed yield, 1000 seed weight, seed size and saponin content were measured. At first, Bartlett's test was performed and combined analysis and stability analysis were performed using different parametric and non-parametric methods.

Results: Combined analysis showed that the three-way interaction effect of year, place and genotype on the measured traits was significant. The highest seed yield of Rahmat cultivar observed in Iranshahr (407 g m^{-2}) after Sadouq cultivar (488 g m^{-2}). The lowest seed yield of Rahmat variety was observed in the studied areas in Yazd (249 g m^{-2}). In terms of the 1000 seeds weight, the highest and lowest 1000 seeds weight were observed in Iranshahr (3.9 g) and Yazd (2.9 g), respectively. In Iranshahr, 68% and in other region 45% of the seeds of Rahmat variety were placed in the large seed size class. The saponin content of Rahmat cultivar was strongly influenced by the

environment. The highest and lowest amount of saponin of Rahmat variety was observed in Sabzevar and Iranshahr. Analysis of GGEbiplot method showed that Rahmat cultivar had high specific adaptability after Sadouq in Iranshahr and Sabzevar. Based on the average total rank, Sadouq variety (1.18±2.0), C line (1.37±2.2) and Rahmat variety (2.61±3.5) had the highest grain yield stability, respectively.

Conclusion: The sum of Kang's rank and other non-parametric methods used led to the selection of stable lines in the investigated environments, but the GGEbiplot method had the ability to show the specific adaptation of the Rahmat variety with the environments. Parametric and non-parametric methods based on yield rank and stability variance showed that Rahmat cultivar was ranked third and was better than Titicaca cultivar in the investigated environments.

Cite this article: Salehi, M., Dehghani, F., Hasheminegad, Y., Karami, A., Mosavat, S.A. 2025. Adaptability and yield stability of black seed quinoa compared to white seed lines under saline conditions. *Crop Production Journal*, 17 (4), 1-22.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2025.22090.2614
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

سازگاری و پایداری عملکرد کینوا دانه سیاه در مقایسه با لاین‌های دانه سفید در شرایط شور

معصومه صالحی[1*]، فرهاد دهقانی[2]، یوسف هاشمی‌نژاد[3]، علیداد کرمی[4]، سیدافشین مساوات[5]

[1] نویسنده مسئول، دانشیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران، یارانامه: salehimasomeh@gmail.com

[2] استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران، یارانامه:dehghany47@gmail.com

[3] استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، یارانامه: hasheminejhad@gmail.com

[4] دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. یارانامه: alidad_karami@yahoo.com

[5] استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران، یارانامه: afshinmosavat@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲

چکیده

مقدمه: کینوا گیاه دولپه از خانواده آمارانتاسه است. به دلیل ارزش غذایی بالای گیاه برنامه‌های به‌نژادی متعددی در نقاط مختلف دنیا بر روی آن آغاز شد. کینوا از نظر تجاری دارای سه رنگ سیاه، قرمز و سفید می‌باشد. رقم صدوق با عنوان رقم دانه سفید و متحمل به تنش شوری معرفی شده است. هدف از معرفی رقم دانه سیاه نیاز بازار جهت تولید کینوای سه رنگ می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی سازگاری یک رقم کینوای دانه سیاه و درشت با نام رحمت در مقایسه با ارقام و لاین‌های دانه سفید است.

مواد و روش: این مطالعه طی دو سال زراعی (۹۹-۱۳۹۸) در ٤ منطقه (یزد، سبزوار، شیراز و ایرانشهر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش ژنوتیپ NSRCQ8 (B), NSRCQ7 (C)، (Sadogh(D), NSRCQ9 (E),Rahmat(A)) همراه با شاهد تیتیکاکا (Titicaca) و سه تکرار انجام شد. تاریخ کاشت بر اساس داده‌های هواشناسی روزانه در هر منطقه تعیین شد. بعد از برداشت عملکرد دانه، وزن هزار دانه، سایز دانه و میزان ساپونین اندازه‌گیری شد. در ابتدا آزمون بارتلت انجام شد و تجزیه مرکب و تجزیه پایداری با استفاده از روش‌های مختلف پارامتریک و غیر پارامتریک انجام گردید.

نتایج: تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر متقابل سه جانبه سال، مکان و لاین بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. بالاترین میزان عملکرد دانه رقم رحمت در ایرانشهر (٤٠٧ گرم در متر مربع) بعد از رقم صدوق (٤٨٨ گرم در متر مربع) بود. کمترین عملکرد دانه رقم رحمت در مناطق مورد بررسی در یزد (٢٤٩ گرم در متر مربع) مشاهده شده است. از لحاظ وزن هزار دانه بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب در ایرانشهر (۳/۹ گرم) و یزد (۲/۹ گرم) مشاهده شد. در ایرانشهر ٦٨ درصد و در سایر محیط‌ها ٤٥ درصد بذور رقم رحمت در طبقه درشت قرار گرفتند. میزان ساپونین رقم رحمت به شدت تحت تاثیر محیط قرار گرفت. بیشترین و کمترین میزان ساپونین رقم رحمت در سبزوار و ایرانشهر مشاهد شد. بررسی روش

واژه‌های کلیدی:
Chenopodium quinoa
اثرمتقابل ژنوتیپ ومحیط
اندازه دانه
رقم رحمت

GGEbiplot نشان داد که رقم رحمت بعد از صدوق سازگاری خصوصی بالایی در ایرانشهر و سبزوار داشت. بر اساس میانگین مجموع رتبه به ترتیب رقم صدوق (۱/۱۸ ±۲/۰) ، لاین C (۱/۳۷ ±۲/۲) و رقم رحمت (۲/٦۱ ±۳/۵) بیشترین پایداری عملکرد دانه را داشتند.

نتیجه‌گیری کلی: مجموع رتبه کانگ و سایر روش‌های غیر پارامتریک استفاده شده موجب انتخاب لاین‌های بسیار پایدار محیط‌های بررسی شده گردید ولی روش GGEbiplot این توانمندی را داشت که سازگاری خصوصی رقم رحمت را با محیط‌ها نشان دهد. روش‌های پارامتریک و غیر پارامتریک بر اساس رتبه عملکرد و واریانس پایداری نشان داد که رقم رحمت رتبه سوم را داشت و بهتر از رقم تیتیکاکا در محیط‌های بررسی شده بود.

استناد: صالحی، معصومه؛ دهقانی، فرهاد؛ هاشمی‌نژاد، یوسف؛ کرمی، علیداد؛ مساوات، سیدافشین. (۱٤۰۳). سازگاری و پایداری عملکرد کینوا دانه سیاه در مقایسه با لاین‌های دانه سفید در شرایط شور. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۷ (٤)، ۲۲-۱.

DOI: 10.22069/ejcp.2025.22090.2614

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa* Will.) غذای مردم منطقه آند در چندین هزار سال گذشته بوده است. این گیاه بومی بولیوی، شیلی و پرو هست و به‌دلیل داشتن ارزش غذایی بالا به‌عنوان دانه طلایی شناخته شده است (۱). دامنه جغرافیایی پراکنش این گیاه از جنوب کلمبیا تا جنوب و مرکز شیلی تا شمال غرب آرژانتین و مناطق نیمه گرمسیری بولیوی است (۲). مهمترین وارد کنندگان کینوا، آمریکا، کانادا و فرانسه هستند (۳). در سال ۲۰۲۰ میزان ارزش کینوا در بازار جهانی ۱۴۹ میلیارد دلار بود و پیش بینی می‌شود به ۱۷۵ میلیارد دلار تا سال ۲۰۲۶ افزایش یابد (٤). کینوا به عنوان یک دانه فراسودمند در کل دنیا شناخته شده است، این دانه عاری از گلوتن و حاوی کل اسیدهای آمینه ضروری، کربوهیدارت، لیپیدها، مواد معدنی، ویتامین‌ها فیبر مورد نیاز انسان است (۵). تطابق پذیری کینوا و ارزش غذایی بالای آن موجب توسعه کشت آن در ۱۲۰ کشور دنیا شده است (٦). پس از اینکه سازمان خواروبار جهانی در سال ۲۰۱۳ کینوا را به‌عنوان یک گیاه جدید برای بهبود امنیت غذایی در مناطق شور و کم‌آب کشور به کشورهای دارای مناطق شور و بیابانی پیشنهاد نمود، سطح کشت رقم تیتیکاکا به‌دلیل سازگاری مناسب با مناطق مختلف ایران توسعه پیدا کرد. مهم‌ترین مزیت تیتیکاکا در بین سایر ارقام (مانند ساجاما و سانتاماریا)، زودرس بودن آن و امکان سازگار کردن با تغییر تاریخ کاشت در مناطق مختلف است. یکی از مهمترین موانع تولید کینوا در کشور عدم وجود تنوع رقم، نیاز به ارقام زودرس (به دلیل طول دوره کوتاه رشدی و نیاز آبی کمتر) و نبود تنوع رنگ بذر برای مصارف مختلف در صنایع غذایی (طعم، مزه و زمان پخت متفاوت ارقام رنگی) می‌باشد. بهبود عملکرد کمی و کیفی کینوا یکی از اهداف برنامه‌های به نژادی جهت توسعه کشت کینوا در کشور می‌باشد. با توجه به تنوع رنگ دانه کینوا و تنوع در زمان رسیدگی، نیاز است ارقام سازگار مناسب با تنوع رنگ مورد نیاز در صنایع نیز معرفی شوند.

یکی از مزیت‌های کینوا در الگوی کشت فلات مرکزی کشور، تحمل به تنش شوری، نیاز آبی کم و طول دوره رشد کوتاه می‌باشد. طول دوره رشد کوتاه موجب کاهش نیاز آبی و قرار گرفتن در الگوی کشت این مناطق می‌گردد. آستانه تحمل به شوری ژنوتیپ‌های کینوا ٤/۳، ۸/۷، ٤/۱، ٤/۸، ٦/۸ دسی زیمنس بر متر عصاره اشباع خاک و شیب خط ۳/۵، ۲/٤، ۱/۰، ۰/۷و ۰/۹ درصد بود. کینوا رقم صدوق در شوری ۲٤ دسی زیمنس بر متر عصاره اشباع خاک قادر است ۸۰ درصد عملکرد دانه در شرایط غیر شور را داشته باشد (۷). بررسی مقاومت به شوری کینوا در مراحل مختلف نشان داد که حساس‌ترین مرحله به تنش شوری مرحله سبز شدن بود و آستانه آن ۸ دسی زیمنس بر متر و در مرحله گلدهی و دانه بستن ۱۵ دسی زیمنس بر متر و ۲۰ عصاره اشباع خاک بود (۸). حساس‌ترین مرحله رشدی کینوا به تنش خشکی را مرحله ابتدایی و میانی است و حتی با تنش شدید خشکی عملکرد دانه این گیاه مقرون به صرفه است (۹). مقدار ضریب پاسخ کینوا به تنش خشکی از کلیه گیاهان زراعی کمتر است و میزان آن برای کل دوره رشدی ۰/٦۸ است و در کرج ۰/۷۵ گزارش کردند (۱۰). کمترین میزان ضریب پاسخ در گیاه بادام زمینی و پنبه به‌ترتیب ۰/۷ و ۰/۸۵ است (۱۱). کم بودن ضریب پاسخ کینوا به‌دلیل کاهش شدید پتانسیل آب برگ و بستن روزنه‌ها در شرایط تنش خشکی می باشد (۱۲).

بررسی میزان سازگاری گیاهان زراعی به شرایط محیطی متفاوت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در اصلاح نباتات به ژنوتیپ‌هایی سازگار اطلاق می‌شود که در طیفی از محیط‌ها توان ژنتیکی، عملکرد بالا و

پایدار از خود بروز دهند (۱۳). ارقام با سازگاری وسیع در یکسری از محیط‌ها عملکرد متوسط و پایدار دارند؛ ولی ارقامی که منحصراً در شرایط مطلوب پتانسیل ژنتیکی و محصول دهی بالا داشته باشند در شرایط نامساعد عملکردشان کاهش می‌یابد و به عنوان ارقام با سازگاری محدود شناخته می‌شوند (١٤). سازگاری یک واریته عبارت است از ظرفیت ژنتیکی آن واریته برای ظهور عملکرد بالا و پایدار در محیط‌های متفاوت است (١٤). روش‌های مختلفی برای مطالعه برهمکنش ژنوتیپ و محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار بکار برده شده است که شامل روش‌های پارامتری تک متغییره، ناپارامتری و چند متغیّره هستند. در این میان روش‌های آماری چند متغیّره، اطلاعات جامع‌تر و بیشتری را در مورد تغییر پذیری فنوتیپی و برهمکنش ژنوتیپ و محیط در اختیار به نژادگران گیاهی قرار می‌دهد (۱۵). روش‌های آماری ناپارامتری به رغم داشتن معایبی چون عدم استفاده از کل اطلاعات کمی و وسیع بودن پهنای بازه تخمین‌ها به دلیل نیاز نداشتن به نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس خطای آزمایشی و همچنین حساس نبودن به خطا و داده‌های پرت، اطلاعات مفیدی را در مورد تغییر پذیری فنوتیپی و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در اختیار پژوهشگران اصلاح نباتات قرار می‌دهد (١٦، ١٧، ١٨ و ١٩). علاوه بر این تجزیه و تحلیل و تفسیر آسان نتایج و همچنین عدم حساسیت معیارها به حذف و اضافه نمودن تعداد کمی از ژنوتیپ‌ها از دیگر مزیت‌های روش‌های ناپارامتری محسوب می‌شود (۱۵). در عدس (۲۰)، نخود (۲۱) ، یونجه (۱۸)، کلزا (۱۹, ۲۲, ۲۳)، فستوکا (٢٤) ، گندم (۲۵) ، سیب زمینی (۱۷) و گندم دوروم (١٦) از روش‌های ناپارامتری هان ($S_i^{(6)}$ ، $S_i^{(3)}$،$S_i^{(2)}$ ، $S_i^{(26)}$، 27,) (28 و آماره‌های تنارازو $NP_i^{(4)}$، $NP_i^{(4)}$، $NP_i^{(4)}$ (۲۹) و آماره‌های پایداری مجموع رتبه (KR) برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده شده است. در این پژوهش هدف سازگاری رقم رحمت (دانه سیاه) در مقایسه با ارقام و لاین‌های دانه سفید با روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک می‌باشد. از آنجایی که به غیر از رقم رحمت در کشور رقم دانه سیاه کینوا معرفی نشده است سازگاری این رقم در مقایسه با ارقام و لاین‌های دانه سفید بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی سازگاری سه لاین برتر دانه سفید (NSRCQ8 (B), NSRCQ7 (C) و NSRCQ9 (E)) و و ارقام کینوا (Titicaca (A)Rahmat, (D)Sadogh) در چهار منطقه شامل یزد (مزرعه تحقیقات شوری صدوق مرکز ملی تحقیقات شوری)، سبزوار (ایستگاه تحقیقات سبزوار)، شیراز (خرامه) و ایرانشهر (بمپور) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در طی دو سال ۹۸-۱۳۹۹ ارزیابی شدند. لاین‌های برتر بر اساس انتخاب از میان توده‌های کینوا گردآوری شده از بانک‌های بین المللی بوده است. در مرحله اول گزینش بصورت مشاهده‌ای و در ادامه لاین‌های برگزیده وارد مرحله مقایسه عملکرد مقدماتی و سازگاری شدند. علی رغم خودگشن بودن گیاه، کلیه مراحل خالص سازی لاین‌ها همانند گیاهان دگرگشن انجام شد.

تاریخ کاشت کینوا در مناطق فلات مرکزی کشور از تابستان به پاییز است. تعیین زمان کاشت با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه انجام می‌شود. بهترین میانگین دما برای دوره گلدهی و پرشدن دانه کینوا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. معمولا زمان کاشت تا گلدهی ارقام زودرس ۵۵-۵۰ روز است. تاریخ کاشت باید طوری تنظیم شود که در زمان شروع گلدهی حداکثر دما از ۳۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر نباشد و میانگین دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد و میانگین دما در طی دوره

۲۵-۲۰ روز از گلدهی تا تغییر رنگ بوته‌ها ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد (۳۰). در مناطق جنوبی کشور با توجه به زمستان معتدل تاریخ کاشت کینوا از آذر ماه شروع می‌شود (۳۰). ابعاد کرت‌ها ٤×٥ بود که برداشت بعد از حذف حاشیه صورت گرفت. در طول فصل مراقبت‌های زراعی شامل کنترل آفت لارو کاردرینا (۲-۳ مرحله با سم سایپرمترین و آوانت) و وجین دستی علف‌های هرز انجام گردید. در زمان آماده سازی زمین ۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم استفاده شد، در مرحله دو برگی ۵۰ کیلوگرم اوره و در مرحله غنچه‌دهی و گرده افشانی به میزان ۵۰ کیلوگرم مخلوط مساوی از اوره و سولوپتاس در هکتار در آب آبیاری افزوده شد. درصد ساپونین با اندازه‌گیری مقدار ساپونین در روش کوزیل (۳۱) ثبت گردید. در این روش نیم گرم نمونه در لوله آزمایش ١٦×١٦٠ میلی‌متری ریخته و ۵ میلی‌متر آب مقطر اضافه گردید. به مدت ۳۰ ثانیه با سرعت ٢٤٠ بار در دقیقه با دستگاه شیکر تکان داده شد و بعد از نیم ساعت استراحت دو مرتبه تکرار شد. سپس مقدار ساپونین بر حسب سانتی‌متر ارتفاع کف اندازه‌گیری و گزارش گردید. وزن هزار دانه نیز بر حسب گرم با دستگاه بذر شمار PFEUFFER مدل Condator شمارش گردید. برای درجه بندی اندازه دانه، دانه برداشت شده با دستگاه الک و شیکر مدل Retsch با سایز طبقات ۲، ۱/۷، ۱/٤ و ۱/۲ میلی‌متر درجه بندی شدند. به منظور تجزیه و تحلیل داده ها، در ابتدا آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسیمرنوف و با استفاده از نرم افزار SPSS ver 16 مورد بررسی قرار گرفت. آزمون بارتلت به منظور بررسی یکنواختی واریانس محیط ها انجام و سپس تجزیه آماری با نرم افزار SAS انجام گردید. در تجزیه آماری لاین به عنوان فاکتور ثابت و سال و مکان به عنوان فاکتور تصادفی تعریف شد و آزمون F با توجه به امید ریاضی میانگین مربعات منابع تغییرات، انجام شد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در سال و مکان تجزیه پایداری با استفاده از روش‌های مختلف پارامتریک و غیر پارامتریک با نرم افزار Stabilitysoft انجام شد (۳۲).

نتایج

داده های هواشناسی نشان داد که بیشترین میزان بارندگی در طول فصل رشد کینوا در ایرانشهر بود (جدول ۱). تاریخ کاشت در فلات مرکزی (یزد، شیراز و سبزوار) بر اساس دمای روزانه تعیین شد، بصورتی که دمای مناسب در طول دوره گلدهی و پرشدن دانه اتفاق بیافتد و در ایرانشهر بصورت محصول زمستانه کشت شد.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی و میزان بارندگی، شوری آب آبیاری، تاریخ کاشت و برداشت در ٤ منطقهشیراز، سبزوار، یزد و ایرانشهر و در طی دو سال زراعی (۹۹-۱۳۹۸)

Table 1- Meteorological data and rainfall, Irrigation water salinity, sowing and harvesting time in the four regions (Shiraz, Sabzevar, Yazd and Iranshahr) during two years (2019-2020)

	مکان Location	سبزوار Sabzevar		شیراز Shiraz		یزد Yazd		ایرانشهر Iranshahr	
ماه	Month	Mean Tem.(°C) میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	Mean Max Tem. (°C) حداکثر دما(درجه سانتی‌گراد)	Mean Tem. (°C) میانگین دما(درجه سانتی‌گراد)	Mean Max Tem. (°C) حداکثر دما(درجه سانتی‌گراد)	Mean Tem. (°C) میانگین دما(درجه سانتی‌گراد)	Mean Max Tem. (°C) حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	Mean Tem. (°C) میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	Mean Max Tem. (°C) حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)
فروردین	21 March-21 April	23.7	19.5	18.5	22.1	22.5	23.4	29.7	27.5
اردیبهشت	21 April- 21 May	28.1	30.4	21.9	29.9	25.7	32.3	33.8	34.5
خرداد	22 May-21 June	31.0	33.0	28.1	33.5	31.1	35.3	37.1	37.5
تیر	22 June- 22 July	33.7	36.4	31.3	35.6	34.5	38.1	37.0	35.5
مرداد	23 July- 22 Aug	35.1	38.3	29.0	38.2	32.5	40.3	36.2	37.5
شهریور	23 Aug- 22 Sep	33.7	33.9	26.1	35.0	29.0	36.9	34.8	40.0
مهر	23 Sep- 22 Oct	30.0	28.8	21.4	28.0	25.5	31.1	30.5	36.5
آبان	23 Oct- 21 Nov	26.0	24.8	15.4	25.4	17.4	28.7	25.9	32.5
آذر	22 Nov-21 Dec	21.1	17.6	11.0	20.8	12.0	23.3	18.7	25.5
دی	22 Dec- 20 Jan	16.5	11.4	6.4	14.2	9.4	16.7	17.0	15.5
بهمن	21 Jan-19 Feb	16.3	10.9	7.9	11.9	10.2	15.2	17.5	15.5
اسفند	20 Feb- 20 March	20.4	15.3	14.2	19.2	17.6	18.4	24.7	21.5
میزان بارندگی در طول فصل	Rainfall During growing Season (mml)	144		0		0		50	
شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)	Irrigation Water salinity(dS/m)	2.8		11.2		12		2.8	
شوری عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)	*Soil saturated paste extract (dS/m)	4.5		8.5		16.4		10	
تاریخ کاشت	Sowing date	۱۵ مرداد 6 Aug.		۲۰ مرداد16Aug		۱ شهریور23Aug		۱۵ آذر 6 Dec	
تاریخ برداشت	Harvesting date	۸ آذر 28 Nov		۱۰ آذر29Nov		۹ آذر 1 Dec		۱۰ فروردین 30 March	

* پائین بودن شوری خاک نسبت به شوری آب آبیاری در شیراز، ناشی از پایین بودن شوری اولیه خاک و در ایرانشهر بالا بودن شوری اولیه خاک باعث تفاوت زیاد میانگین شوری خاک و آب آبیاری شده است. داده‌های هواشناسی میانگین دو سال است.

* The low salinity of the soil compared to the salinity of the irrigation water in Shiraz is due to lower initial salinity, and the high initial salinity of the soil in Iranshahr has caused a large difference between the average salinity of the soil and irrigation water. Meteorological data is the average of two years.

بررسی اثر مکان نشان داد که اثر مکان بر صفات اندازه گیری شده معنی‌دار نبود (جدول ۲). اثر سال نیز بر کلیه صفات بجز درصد دانه‌های درجه ریز معنی‌دار نبود. اثر متقابل سال و مکان بر کلیه صفات معنی‌دار بود و نشان داد که اثر سال در مکان از سالی به سال دیگر متفاوت است. اختلاف بین لاین‌ها از نظر کلیه صفات معنی‌دار بود. اثر متقابل مکان در لاین نیز بر کلیه صفات معنی‌دار نبود که نشان می‌دهد که واکنش لاین‌ها در سال‌های مختلف برای صفات اندازه‌گیری شده یکسان بوده است. اثر متقابل سال در لاین بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. اثر سه جانبه لاین، مکان و سال بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود که نشان می‌دهد نوساناتی که در ترتیب ژنوتیپ‌ها در هر یک از ترکیبات سال و مکان وجود داشته و بین لاین‌ها از محیطی به محیط دیگر تفاوت وجود دارد. با توجه به جدول تجزیه واریانس انجام مقایسه میانگین کافی نبوده است و نیاز به تجزیه پایداری می‌باشد.

نتایج عملکرد دانه نشان داد که در ایرانشهر رقم صدوق و سپس تیتیکاکا و رقم رحمت برتر بودند. بالاترین وزن هزار دانه مربوط به رقم رحمت (۳/۹ گرم) و ٦١ درصد از بذور لاین A در طبقه درشت قرار گرفتند. بیشترین میزان ساپونین مربوط به رقم تیتیکاکا و سپس رقم رحمت بود. میزان ساپونین در رقم رحمت در این اقلیم نصف میزان ساپونین در رقم تیتیکاکا بود (جدول ۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه مرکب صفات مورد بررسی کینوا در دو سال زراعی (۹۹-۱۳۹۸) در ٤ مکان (ایرانشهر، یزد، سبزوار و شیراز). داده‌های داخل جدول میانگین مربعات می‌باشند.

Table 2- Combined analysis of evaluated traits of quinoa in two years (2019-2020) in four locations (Iranshahr, Yazd, Sabzevar, and Shiraz). Data in the table is mean of squares

S.O.V	منابع تغییر	df درجه آزادی	Seed yield عملکرد دانه	Thousand kernel weight وزن هزار دانه	Saponin content میزان ساپونین	Extra Large seed دانه بسیار درشت	Large seed دانه درشت	Medium seed دانه متوسط	Small seed دانه ریز
Location	مکان	3	266361.8^{ns}	3.09^{ns}	21.25^{ns}	0.29^{ns}	16.44^{ns}	1.00^{ns}	14.83^{ns}
Year	سال	1	188197.6^{ns}	0.30^{ns}	1.95^{ns}	1.10^{ns}	11.26^{ns}	0.53^{ns}	16.64*
Year×Location	سال × مکان	3	235061.2**	0.65**	27.69**	0.98**	33.98**	11.34**	1.75**
Error 1	اشتباه ۱	16	7111.53	0.05	0.45	0.0008	0.49	0.42	0.11
Line	لاین	5	377768.3**	4.22**	8.84^{ns}	0.505**	41.44**	13.6**	8.40**
Line× Location	لاین × مکان	15	12714.9^{ns}	0.09^{ns}	4.35^{ns}	0.097^{ns}	1.36^{ns}	1.78^{ns}	0.48^{ns}
Line×Year	سال × لاین	5	13850.3^{ns}	0.14^{ns}	3.90^{ns}	0.008^{ns}	0.22^{ns}	1.29^{ns}	0.46^{ns}
Line×Location× Year	لاین × مکان × سال	15	17751.2**	0.21**	2.06**	0.083**	2.42**	2.21**	0.54**
Error 2	اشتباه ۲	80	2783.3	0.07	0.23	0.0002	0.26	0.64	0.087
CV	CV		17.6	9.8	13.94	6.9	19.2	15.6	20.04

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱، ۵ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

**, * and ns significant in the 1 and 5 percent and non significant, respectivley.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه در دو سال زراعی سال ۹۹-۱۳۹۸ در ایرانشهر با روش برش دهی فیزیکی برای مکان با استفاده از آزمون LSD

Table 3 -Mean comparison of seed yield of quinoa lines in two years (2019-2020) in Iranshahr with physical cutting method for location with LSD method.

Genotype	ژنوتیپ	Seed yield ($g\ m^{-2}$) عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	Thousand kernel weight (g) وزن هزار دانه (گرم)	Extra Large seed (%) دانه بسیار درشت (درصد)	Large seed (%) دانه درشت (درصد)	Medium seed (%) دانه متوسط (درصد)	Small seed (%) دانه ریز (درصد)	Saponin content (cm) میزان ساپونین (سانتی‌متر)
Rahmat	رقم رحمت	407.5 ab	3.95 a	7.5 a	61.0 a	27.3 c	1.2 d	2.7 b
B	لاین B	368.5 ab	2.41 d	0.5 b	10.6 c	65.2 a	8.9 a	1.5 c
C	لاین C	403.5 ab	2.60 cd	0.3 b	28.6 bc	61.0 a	5.7 bc	1.42 c
Sadogh	رقم صدوق	488.3 a	2.60 cd	1.0 b	43.0 ab	44.6 b	3.5 cd	2.2 bc
E	لاین E	329.9 b	3.04 b	00.9 b	31.4 b	53.3 ab	8.5 ab	2.4 bc
Titicaca	رقم تیتیکاکا	411.1 ab	2.70 c	1.6 b	35.8 b	50.0 ab	4.9 c	4.4 a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

Same letters in each column indicate no significant difference at 5 % probability level.

در سبزوار بیشترین عملکرد دانه و وزن هزار دانه مربوط به رقم صدوق و سپس رقم رحمت بود ولی اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها مشاهده نشد (جدول ٤). بالاترین وزن هزار دانه مربوط به رقم رحمت بود (۳/٦ گرم) و ٤٦ درصد بذور رقم صدوق و ۳۸ درصد از بذر رقم رحمت در طبقه درشت قرار گرفت. در مقایسه تیتیکاکا ۱۷ درصد در این طبقه قرار گـــرفتند. در یـــزد بالاترین عملکرد دانه مربوط به رقم صدوق و کمترین عملکرد دانه را رقم رحمت داشت. در حالی که رقم رحمت بالاترین وزن هزار دانه را داشت و ٤۲ درصد بذور در طبقه درشت قرار گرفت و در مقایسه ۲۸ درصد بذور تیتیکاکا در این طبقه قرار گرفت (جدول ۵). از لحاظ میزان ساپونین نیز اختلاف معنی‌داری بین این رقم رحمت و تیتیکاکا مشاهده نشد.

جدول ٤- مقایسه میانگین عملکرد دانه در دو سال زراعی سال ۹۸-۱۳۹۹ در سبزوار با روش برش دهی فیزیکی برای مکان با استفاده از آزمون LSD

Table 4. Mean comparison of seed yield of quinoa lines in two years (2019-2020) in Sabzevar with physical cutting method for location with LSD method.

Genotype	ژنوتیپ	Seed yield ($g\ m^{-2}$) عملکرددانه (گرم در مترمربع)	Thousand kernel weight (g) وزن هزار دانه (گرم)	Extra Large seed (%) دانه بسیار درشت (درصد)	Large seed (%) دانه درشت (درصد)	Medium seed (%) دانه متوسط (درصد)	Small seed (%) دانه ریز (درصد)	Saponin content (cm) میزان ساپونین (سانتی‌متر)
Rahmat	رقم‌رحمت	272.0 a	3.6 a	6.3 a	38.6 ab	42.2 b	10.8 cd	5.2 a
B	لاین B	233.8 a	2.41 c	5.3 ab	9.3 d	48.6 ab	26.8 a	4.3 ab
C	لاین C	213.4 a	2.64 bc	1.2 b	16.9 cd	59.8 a	20.3 ab	3.6 b
Sadogh	رقم صدوق	286.6 a	2.98 b	2.6 ab	46.0 a	40.9 b	8.3 d	4.0 ab
E	لاین E	173.8 a	2.76 bc	2.2 ab	27.8 bc	50.7 ab	16.4 bc	4.3 ab
Titicaca	رقم‌تیتیکاکا	163.6 a	2.80 bc	3.6 ab	16.9 cd	55.9 a	12.6 bcd	3.7 b

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف در سطح ۵ درصد است.

Same letters in each column indicate no significant difference at 5 % probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه در دو سال زراعی سال ۹۸-۱۳۹۹ در یزد با روش برش دهی فیزیکی برای مکان با استفاده از آزمون LSD

Table 5-Mean comparison of seed yield of quinoa lines in two years (2019-2020) in Yazd with physical cutting method for location with LSD method.

Genotype	ژنوتیپ	Seed yield ($g\ m^{-2}$) عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	Thousand kernel weight (g) وزن هزار دانه (گرم)	Extra Large seed (%) دانه بسیار درشت (درصد)	Large seed (%) دانه درشت (درصد)	Medium seed (%) دانه متوسط (درصد)	Small seed (%) دانه ریز (درصد)	Saponin content (cm) میزان ساپونین (سانتی‌متر)
Rahmat	رقم رحمت	249.8 b	2.96 a	4.1 a	42.7 a	38.8 c	10.6 c	4.7 a
B	لاین B	260.9 ab	1.94 b	0.7 b	6.4 d	51.0 ab	35.1 a	3.5 ab
C	لاین C	357.1 ab	2.15 b	2.2 ab	18.4 cd	57.9 a	17.6 bc	3.7 ab
Sadogh	رقم صدوق	418.9 a	2.18 b	1.8 b	35.4 ab	47.7 bc	12.1 c	1.3 c
E	لاین E	372.7 ab	2.33 b	1.6 b	19.6 cd	55.5 ab	20.7 b	2.7 b
Titicaca	رقم تیتیکاکا	373.3 ab	2.31 b	1.8 b	28.5 bc	55.4 ab	10.9 c	4.3 a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

Same letters in each column indicate no significant difference at 5 % probability level.

در شیراز نیز بالاترین عملکرد دانه مربوط به رقم رحمت و صدوق بود و بالاترین وزن هزار دانه ۳/۳ گرم مربوط به رقم رحمت بود و ۳۷ درصد بذور در طبقه درشت قرار داشتند در مقایسه در تیتیکاکا ۳۱ درصد بذور در این طبقه قرار داشتند. از لحاظ درصد ساپونین اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها مشاهده نشد (جدول ٦).

جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد دانه در دو سال زراعی سال ۹۸-۱۳۹۹ در شیراز با روش برش دهی فیزیکی برای مکان با استفاده از آزمون LSD

Table 6.Mean comparison of seed yield of quinoa lines in two years (2019-2020) in Shiraz with physical cutting method for location with LSD method

Genotype	ژنوتیپ	Seed yield ($g\ m^{-2}$) عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	Thousand kernel weight (g) وزن هزار دانه (گرم)	Extra Large seed (%) دانه بسیار درشت (درصد)	Large seed (%) دانه درشت (درصد)	Medium seed (%) دانه متوسط (درصد)	Small seed (%) دانه ریز (درصد)	Saponin content (cm) میزان ساپونین (سانتی‌متر)
Rahmat	رقم رحمت	286.6 a	3.32 a	2.7 a	37.7 a	43.9 b	11.9 c	4.6 a
B	لاین B	149.8 d	2.07 c	0.3 c	5.9 c	53.1 ab	33.4 a	4.6 a
C	لاین C	249.8 b	2.40 b	1.6 abc	9.8 bc	60.3 a	23.4 b	4.6 a
Sadogh	رقم صدوق	275.3 ab	2.57 b	0.9 bc	22.4 ab	55.7 a	15.4 bc	2.7 a
E	لاین E	190.7 c	2.48 b	1.2 bc	15.2 bc	51.1 ab	20.9 bc	3.7 a
Titicaca	رقم تیتیکاکا	240.5 b	2.52 b	1.6 ab	21.2 bc	56.7 a	14.6 bc	3.7 a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است...

Same letters in each column indicate no significant difference at 5 % probability level.

میزان ساپونین رقم رحمت بسیار متغیر بود و به شدت تحت تاثیر محیط قرار گرفت. ساپونین ها یک عامل ضد تغذیه ای محسوب می شوند که باید قبل از مصرف از دانه‌ها حذف شوند (۳٤). طباطبایی و

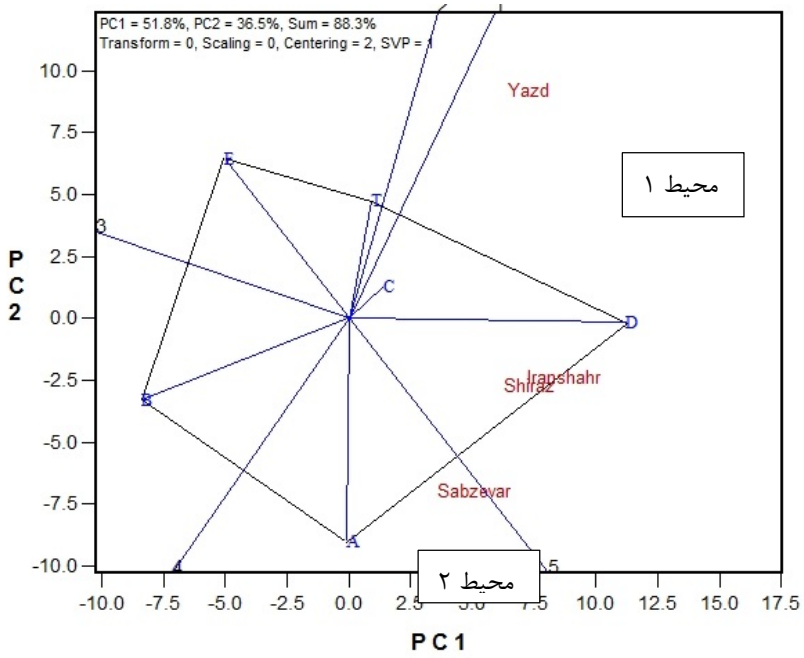
همکاران (۲۰۲۲) صفات زراعی و کیفیت دانه ٤٧١ ژنوتیپ کینوا را بررسی کردند و بیان کردند که ساپونین دانه همبستگی مثبتی با سایر صفات مرتبط با عملکرد دانه ندارد و در برنامه‌های به نژادی گزینش برای صفت ساپونین پایین، خصوصیات زراعی و عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار نخواهد داد(۳۵).

در کلیه محیط‌ها سایز دانه رقم رحمت در گروه درشت و بسیار درشت بود. اطلاعات مربوط به سایز دانه کینوا در مصرف آن در صنایع غذایی اهمیت زیادی دارد. دانه های کینوا درشت نسبت به اندازه های کوچکتر دارای محتوای نشاسته بالاتری هستند. نسبت جوانه به آندوسپرم در دانه های بزرگتر کمتر است (۳٦) نشاسته اساساً از آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است. دانه های درشت محتوای آمیلوز بیشتری دارند. آمیلوز محلول در آب نیست و این خاصیت باعث می‌شود دانه‌های کینوا پس از پختن شل باقی بمانند، که باعث می‌شود برای مصارف خوراکی بسیار مورد توجه قرار گیرند (۳۷). در غلات با اندازه متوسط، محتوای نشاسته کمتر است. نسبت جوانه (که حاوی چربی و پروتئین است) به آندوسپرم (که حاوی نشاسته است) نسبتاً پایین است و محتوای آمیلوپکتین بالاست (۳۸). این ویژگی ها در دانه های متوسط برای مصارف صنعتی، آرد، غذاهای کودک، ژله‌ها و پودینگ‌ها مورد توجه قرار می گیرند. در این راستا، دانه‌بندی اندازه دانه بسیار مهم است.

تجزیه پایداری مهم‌ترین روشی است که برای پی بردن به ماهیت برهمکنش ژنوتیپ و محیط کاربرد دارد و با توجه به آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی و مورد استفاده قرار داد. یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر ارایه شده است روش بای پلات بر اساس مدل‌های چند متغیره است. در روش GGEbiplot از منابع تغییرات ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ و محیط استفاده می‌شود تا بتوان نتایج قابل اعتمادی به‌دست آورد و بای پلات علاوه بر آن امکان تجزیه برهمکنش ژنوتیپ و صفت را نیز دارد (۳۹).

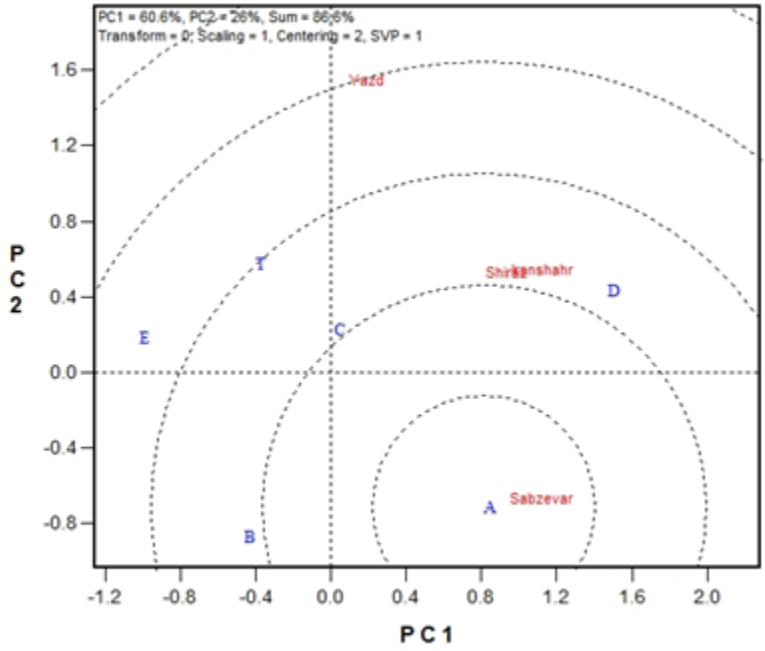
به منظور بررسی سازگاری لاین‌ها به محیط‌های مختلف تجزیه پایداری با نرم افزار GGEbiplot انجام شد. در شکل ۱ لاین‌های رقم صدوق و رحمت که در راس چند ضلعی قرار گرفته‌اند، دارای سازگاری خصوصی بالایی با همه محیط‌ها بودند. رقم رحمت سازگاری خصوصی بالا در سبزوار و رقم صدوق سازگاری خصوصی بالایی در مناطق ایرانشهر، یزد و شیراز داشت و رقم برتر در محیط ۱ (یزد، ایرانشهر و شیراز) رقم صدوق و در محیط ۲ (سبزوار) رقم رحمت بود (شکل ۱).

از آنجایی که هدف بررسی سازگاری رقم رحمت است در صورتی که رقم رحمت به عنوان یک رقم ایده‌آل در مرکز دایره قرار گیرد نزدیکترین لاین‌ها به ترتیب C، B و رقم صدوق هستند و نزدیک‌ترین و دورترین مکان مناسب برای رقم رحمت به ترتیب سبزوار و یزد است (شکل ۲).



شکل ۱- نمودار چند ضلعی **GGEbiplot** برای گروه بندی محیط از نظر عملکرد دانه **NSRCQ8 (B), NSRCQ7 (C)** **Sadogh(D), NSRCQ9 (E),Rahmat(A))**. داده‌ها میانگین دو سال در هر مکان است.

Figure 1- GGEbiplot polygonal diagram of environmental grouping for seed yield (Sadogh(D), NSRCQ9 (E),Rahmat(A)) Data is the average of two years experiment for each location.

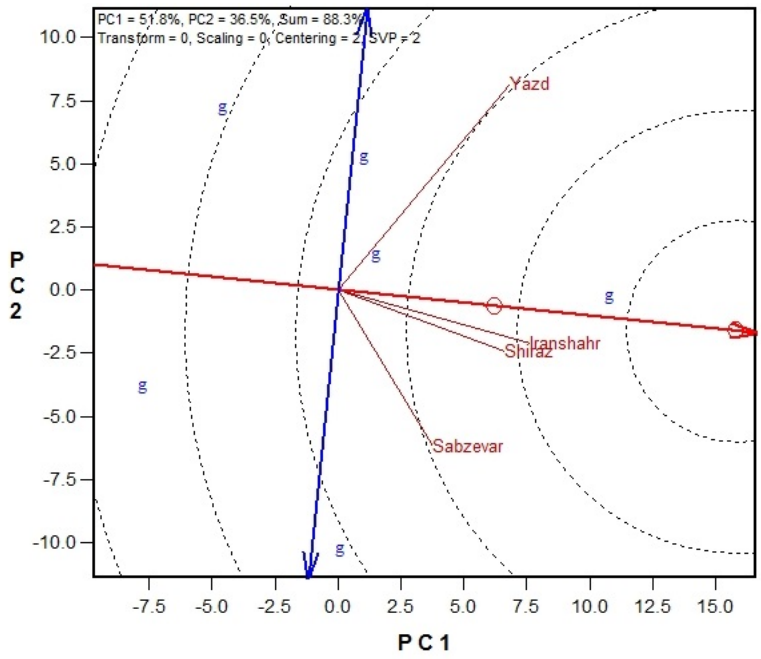


شکل ۲- بای پلات برای مقایسه لاین‌ها با لاین ایده‌آل (رقم رحمت) **Sadogh(D), NSRCQ9 ، NSRCQ8 (B), NSRCQ7 (C)** **(E),Rahmat(A))** داده‌ها میانگین دو سال در هر مکان است.

Figure 2-Biplot to compare the lines with the ideal line (Rahmat Cultivar) (Sadogh(D), NSRCQ9 (E),Rahmat(A)) Data is the average of two years experiment for each location.

برای بررسی رابطه بین محیط‌ها بردار از مبدا بای پلات رسم گردید و کسینوس این زاویه بین بردارهای دو محیط همبستگی بین محیط‌ها را نشان می‌دهد. هرچه زاویه کوچکتر همبستگی بین دو محیط بیشتر خواهد بود. که نشان می‌دهد اطلاعات حاصل از این محیط‌ها برای لاین‌های بررسی شده ،یکسان است و درسال‌های آینده می‌توان محیط‌های مورد مطالعه را محدود کرد. زاویه ۹۰ درجه نشان دهنده عدم همبستگی معنی‌دار بین دو محیط است (٤۰). بیشترین همبستگی بین دو محیط بین ایرانشهر و شیراز مشاهده شد. طول بردار هر محیط نشان‌دهنده قدرت تمایز آن محیط برای لاین‌ها مورد بررسی است. در محیط‌های مورد بررسی بیشترین قدرت تمایز در یزد مشاهده شد. قدرت تمایز در سبزوار مشابه با شیراز بود (شکل ۳).

نمودار شکل ٤ دارای دو محور افقی و عمودی برای هر مکان می‌باشد. هرچه لاین‌ها به نوک پیکان نزدیکتر باشند و فاصله کمتری از محور دارای پیکان داشته باشند بیشترین عملکرد و پایداری را دارند. در ایرانشهر، شیراز و سبزوار رقم صدوق و در سبزوار رقم رحمت بیشترین عملکرد و پایداری را داشت. رقم رحمت کمترین عملکرد و پایداری تولید را در یزد داشت (شکل ٤).



شکل ۳- بای پلات برای بررسی ارتباط بین محیط ها، g لاین‌ها و ارقام کینوا هستند.

Figure 3- Bi-plot to investigate between the environments, g is quinoa lines and cultivars.

جدول ۷- روش های پارامتریک و غیر پارامتریک تجزیه پایداری برای عملکرد دانه (گرم در متر مربع) برای ٦ لاین کینوا در ۸ محیط (یزد، ایرانشهر، سبزوار، شیراز در طی دو سال (۹۹-۱۳۹۸).

Table 7- Parametric and non-parametric methods of stability analysis for grain yield (g m^{-2}) for six quinoa lines in eight environments (Yazd, Iranshahr, Sabzevar, Shiraz during two years (2019-2020).

Genotype	ژنوتیپ	Seed yield (g m^{-2}) عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	$S^{(1)}$	Z_1	$S^{(2)}$	Z_2	$S^{(3)}$	$S^{(6)}$	$NP^{(1)}$	$NP^{(2)}$	$NP^{(3)}$	$NP^{(4)}$	W_i^2	W_i^2 (%)	σ^2_i	s^2d_i	b_i	CVi	$\theta_{(i)}$	θ_i	*K*R
Rahmat	رقم رحمت	303.9	2.18	0.37	3.55	0.38	6.03	3.15	1.25	0.39	0.34	0.53	29888	17.04	5151	4143	0.90	40.42	4983	5694	7
B	لاین B	253.3	2.11	0.18	3.27	0.11	7.96	4.52	2.13	0.54	0.76	0.73	42452	24.20	7844	5982	1.08	57.97	4445	6771	12
C	لاین C	305.9	1.75	0.26	2.27	0.39	4.38	2.48	1.25	0.32	0.41	0.48	13858	7.90	1716	1549	1.18	46.47	5670	4320	3
Sadogh	رقم صدوق	367.3	1.25	3.27	1.27	2.51	1.73	1.37	1.50	0.48	0.34	0.24	26651	15.19	4458	3745	0.93	33.80	5122	5416	4
E	لاین E	226.8	1.75	0.26	2.27	0.39	6.05	3.90	1.13	0.75	0.48	0.67	24361	13.89	3967	2443	0.95	46.68	5220	5220	7
Titicaca	رقم تیتیکاکا	297.1	1.46	1.56	1.70	1.38	4.52	2.95	1.50	0.54	0.71	0.56	38201	21.78	6933	5437	0.96	44.96	4627	6406	9

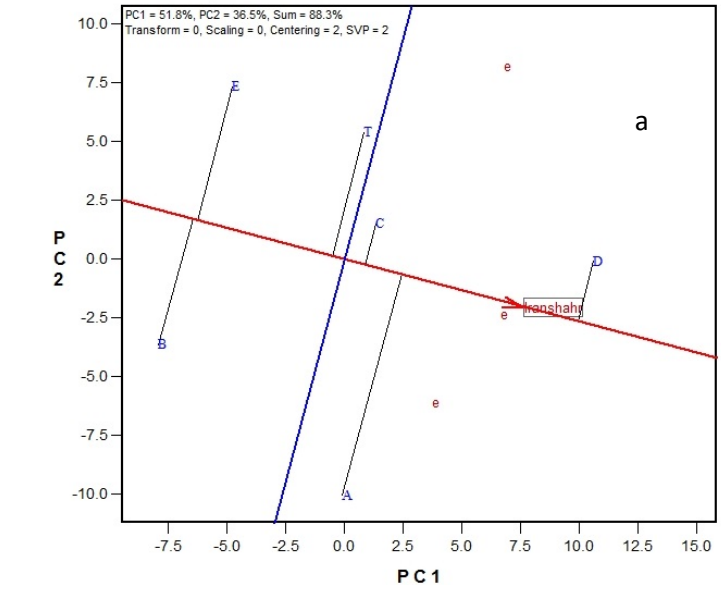
θi = mean variance component; $\theta(i)$ = GE variance component; Wi^2 = Wricke's ecovalence stability index; W_i^2 (%)=Wricke's ecovalence stability index percent; bi = regression coefficient; Sdi^2 = deviation from regression; σi^2 = Shukla's stability variance; CVi = Environmental coefficient of variance; S(26) and S(2) =Nassar and Huhn's non-parametric statistics; S(3) and S(6) = Huhn's non-parametric statistics; NP(1–4) = Thennarasu's non- parametric statistics; KR = Kang's rank-sum; Y = yield.

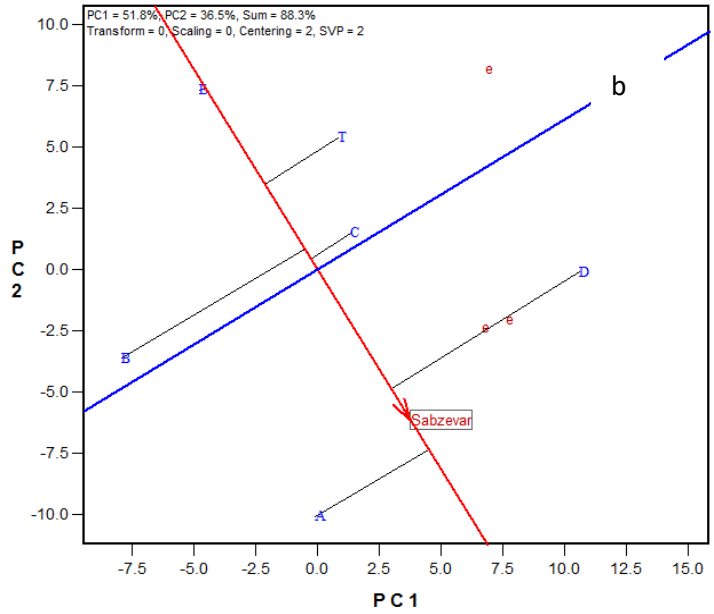
جدول ۸- رتبه بندی روش های پارامتریک و غیر پارامتریک تجزیه پایداری برای عملکرد دانه (گرم در متر مربع) برای ٦ لاین کینوا در ۸ محیط (یزد، ایرانشهر، سبزوار، شیراز در طی دو سال (۹۹-۱۳۹۸).

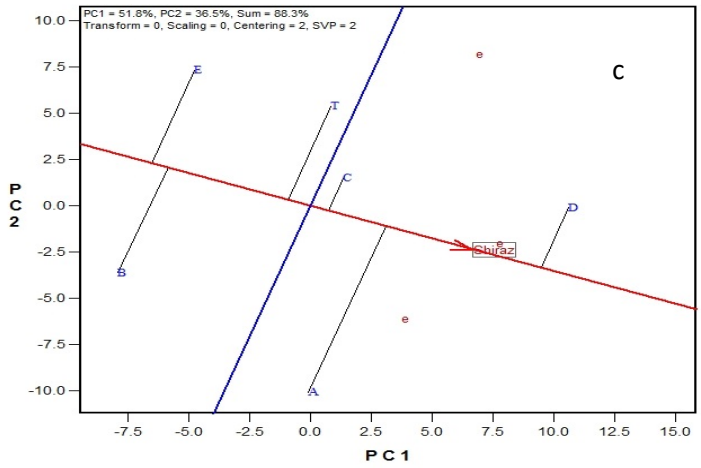
Table 8. Ranking of Parametric and non-parametric methods of stability analysis for grain yield (g m^{-2}) for five quinoa lines in eight environments (Yazd, Iranshahr, Sabzevar, Shiraz during two years (2019-2020).

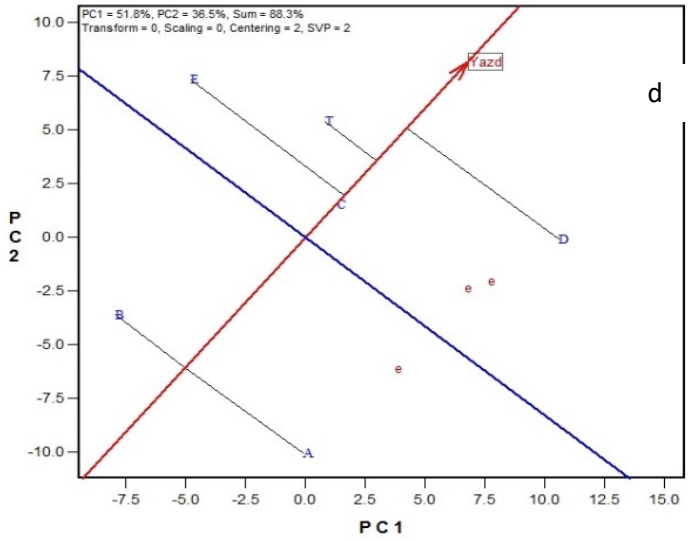
Genotype	ژنوتیپ	Seed yield عملکرد دانه	$S^{(1)}$	$S^{(2)}$	$S^{(3)}$	$S^{(6)}$	$NP^{(1)}$	$NP^{(2)}$	$NP^{(3)}$	$NP^{(4)}$	W_i^2	σ^2_i	s^2d_i	CV_i	*K*R	$\theta_{(i)}$	θ_i	SR	AR	SD
Rahmat	رقم رحمت	3	6	6	4	4	2	2	2	3	4	4	4	2	3	4	3	56	3.5	2.61
B	لاین B	6	5	5	6	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6	6	1	87	5.4	1.31
C	لاین C	2	3	3	2	2	2	1	3	2	1	1	1	4	1	1	6	35	2.2	1.37
Sadogh	رقم صدوق	1	1	1	1	1	4	3	1	1	3	3	3	1	2	3	4	33	2.0	1.18
E	لاین E	5	3	3	5	5	1	6	4	5	2	2	2	5	3	2	5	58	3.6	1.54
Titicaca	رقم تیتیکاکا	4	2	2	3	3	4	4	5	4	5	5	5	3	5	5	2	61	3.8	1.16

θi = mean variance component; $\theta(i)$ = GE variance component; Wi^2 = Wricke's ecovalence stability index; bi = regression coefficient; s^2d_i = deviation from regression; σi^2 = Shukla's stability variance; CVi = environmental coefficient of variance; S(26) and S(2) =Nassar and Huhn's non-parametric statistics; S(3) and S(6) = Huhn's non-parametric statistics; NP(1–4) = Thennarasu's non- parametric statistics; SR= sum ranks ; AR = average of the sum ranks; Y = yield.


PC1 = 51.8%, PC2 = 36.5%, Sum = 88.3%
Transform = 0, Scaling = 0, Centering = 2, SVP = 2
a
E
T
C
D
B
A
e
Iranshahr
PC 2
PC 1


PC1 = 51.8%, PC2 = 36.5%, Sum = 88.3%
Transform = 0, Scaling = 0, Centering = 2, SVP = 2
b
E
T
C
D
B
A
e
Sabzevar
PC 2
PC 1


PC1 = 51.8%, PC2 = 36.5%, Sum = 88.3%
Transform = 0, Scaling = 0, Centering = 2, SVP = 2
c
E
T
C
D
B
A
e
Shiraz
PC 2
PC 1



شکل ٤- گزینش همزمان پایداری و عملکرد دانه لاین‌ها در مکان‌ها (ایرانشهر (a)، سبزوار (b)، شیراز (c) و یزد (d)) NSRCQ8 (Sadogh(D), NSRCQ9 (E),Rahmat(A)),(B), NSRCQ7 (C) داده‌ها میانگین دو سال در هر مکان است.

Figure 4- Simultaneous selection of stability and performance of grain lines in different locations (Iranshahr (a), Sabzevar (b), Shiraz (c) and Yazd (d)) (Sadogh(D), NSRCQ9 (E),Rahmat(A)) Data is the average of two years experiment for each location.

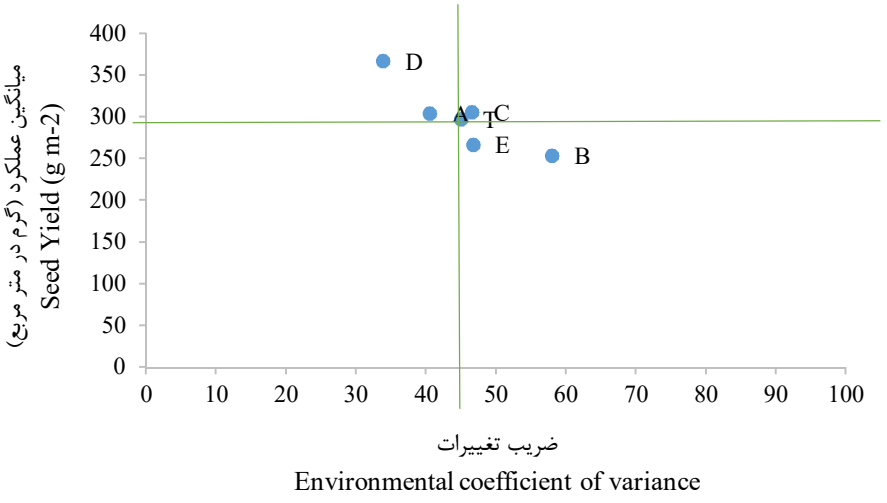
روش‌های پارامتریک و غیر پارامتریک برای ارزیابی پایداری مورد استفاده قرار گرفت بر اساس روش‌های پارامتریک رقم رحمت بر اساس شاخص میانگین واریانس (θ_i) (41) در رتبه سوم بود و کمترین واریانس را لاین C داشت. براساس شاخص ($\theta_{(i)}$) هرچه عدد بیشتر پایداری بیشتر است رقم رحمت در رتبه ٤ قرار گرفت (جدول ٧). بر اساس شاخص ریک (٤٢) (W_i^2) رقم رحمت در رتبه ٤ و بهتر از رقم تیتیکاکا بود.

بر اساس شاخص فینلی و ویلکسون (٤٣) (b_i) هر چه عدد کمتر از یک باشد کمترین حساسیت به تغییرات محیطی را دارد و رقم رحمت کمترین میزان را داشت (٠/٩). شاخص ابرهات و راسل (٤٤) (s^2d_i) نشان داد رقم رحمت رتبه ٤ قرار داشته و بهتر از رقم تیتیکاکا بود. رقم رحمت بر اساس شاخص شوکا (٤٥) (σ^2_i) در رتبه ٤ قرار گرفته است. شاخص فرنسیس و کنبرگ (١٩٧٨) (CVi) (٤٦) نشان داد که بهترین رقم بعد از صدوق، رقم رحمت بود. این شاخص بر اساس کمترین ضریب تغییرات، کمترین واریانس محیطی و میانگین بالای عملکرد می‌باشد (جدول ٧ و ٨). روستایی و همکاران (٢٠٢١) بیان کردند که معیار اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکا برای انتخاب ارقام پرمحصول و پایدار جو در دیم زارهای کشور مناسب است و از آن برای گزینش ارقام در شرایط دیم مورد استفاده قرار داد (٤٧).

براساس شاخص‌های غیر پارامتریک Huhn's (1990) و Nasser and Huhnn's (26) (S1-6)رتبه ٤ و ٦ را داشت. بر اساس شاخص Thennarasu (1995) ($NP^{(1}$-$4^{)}$) رقم رحمت رتبه ٢ را داشت. شاخص Kang's rank-sum (1988) (KR) بر اساس رتبه عملکرد و واریانس پایداری است که رقم رحمت رتبه سوم را داشت و بهتر از رقم تیتیکاکا بود. بر اساس میزان میانگین مجموع رتبه ها به ترتیب رقم صدوق (2.0±1.18)، لاین C (2.2±1.37) و رقم رحمت (3.5±2.61) بیشترین پایداری را بر اساس شاخص های پارامتریک و غیر پارامتریک پایداری داشتند

(جدول ۸). صباغ نیا و همکاران (۲۰۱۳) مجموع رتبه کانگ را به عنوان مناسب‌ترین روش غیرپارامتری در تعیین ژنوتیپ‌ها با عملکرد بالا و پایدار عدس معرفی کردند (۲۰). روستایی و همکاران (۲۰۲۱) نیز اعلام کردند که روش مجموع رتبه در شرایط دیم بهتر از سایر روش‌ها در گزینش ارقام پرمحصول و پایدار به نژادگران را یاری می‌کند (٤۸). دانشیان و احمدی (۲۰۲۳) با استفاده از معیار میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه‌ها و میزان عملکرد بالاتر از شاهد لاین‌های پایدار سویا را معرفی کردند (٤۹).

فرانسیس و کنبرگ (۱۹۷۸) با استفاده از میانگین عملکرد و ضریب تغییرات و محل آنها بر روی محور مختصات آنها را به چهار قسمت تقسیم بندی نمودند (٤٦). گروه ۱ عملکرد بالا و ضریب تغییرات کم دارند و لاین D و A در این گروه قرار گرفت. گروه ۲ عملکرد بالا و تغییرات زیاد که در این گروه لاین C قرار گرفت. گروه سوم ضریب تغییرات و عملکرد پایین است که در این گروه لاینی قرار نگرفت در گروه ٤ تغییرات زیاد و عملکرد پایین است که لاین B و E در این گروه قرار گرفتند (شکل ۵).



شکل ۵- مقادیر ضریب تغییرات در مقایسه با میانگین عملکرد دانه لاین‌ها و ارقام کینوا در ۸ محیط یزد، ایرانشهر، سبزوار، شیراز در طی دو سال (۹۹-۱۳۹۸).

Figure 5- The coefficient of variation values compared to the average seed yield of quinoa lines and cultivars in 8 areas of Yazd, Iranshahr, Sabzevar, Shiraz during two years (2018-2019).

نتیجه‌گیری کلی

مجموع رتبه کانگ و سایر روش‌های غیر پارامتریک استفاده شده موجب انتخاب لاین‌های بسیار پایدار محیط‌های بررسی شده گردید ولی روش GGEbiplot این توانمندی را داشت که سازگاری خصوصی رقم رحمت را با محیط‌ها نشان دهد. بررسی روش GGEbiplot نشان داد که رقم رحمت بعد از صدوق سازگاری خصوصی بالایی در ایرانشهر و سازگاری خصوص بالایی با سبزوار داشت.

روش‌های پارامتریک و غیر پارامتریک بر اساس رتبه عملکرد و واریانس پایداری نشان داد که رقم رحمت رتبه سوم را داشت و بهتر از رقم تیتیکاکا بود. رقم رحمت بیشترین وزن هزار دانه و از لحاظ سایز دانه در طبقه درشت قرار گرفتند. میزان ساپونین رقم رحمت تحت تاثیر محیط قرار گرفت و میزان ساپونین در حد تیتیکاکا و در برخی محیط‌ها ساپونین کمتری داشت.

References

1. Bazile, D., Bertero, H.D., & Nieto, C. (2015). State of the art report on quinoa around the world in 2013. 2015, FAO .650 pp.
2. Murphy, K.S. & Matanguihan, J. (2015). Quinoa: Improvement and Sustainable Production. John Wiley & Sons.235 pp.
3. FAO, (2020). FAOSTAT- Crops. Available online: http://www.fao.org/faostat/en.
4. Shahbandeh, M., (2022). Statista - Quinoa production worldwide from 2010 to 2020 (in metric tons). Available from: https://www.statista.com/statistics/ 486442/ globalquinoa-production.
5. Vega-Gálvez ,A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E.A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*(15), 2547-2541.
6. Alandia, G., Rodriguez, J.P., Jacobsen, S.E., Bazile, D., & Condori, B. (2020). Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. *Global Food Security, 26,* 100429.
7. Salehi, M. & Dehghani, F. (2024). Determination of salinity stress tolerance threshold of quinoa genotypes under field conditions. *Enviromental Stresses in Crop Science, 16*(4), 1123-1137.
8. Maleki, P., Bahrami, H.A., Saadat, S., Sharifi, F., Dehghani, F. & Salehi, M., (2018). Salinity threshold value of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) at various growth stages and the appropriate irrigation method by saline water. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(15), 1815-1825.
9. Meskini-Vishkaee, F., Tafteh, A., & Goosheh, M. (2023). Determining the Quinoa Water Requirement and Plant Response Coefficients to Water Stress in Different Growth Stages in Khuzestan Climate. *Journal of Water and Soil Science*, 27(1), 275-286.
10. Tafteh, A. & Emdad, M.R., (2022). Determination of crop yield response factor (ky) in deficit irrigation management at different stages of Quinoa Plant Growth. *Water Management in Agriculture*, *8*(2), 101-116.
11. Allen, R.G., Pereira, L. S., Raes, D. Smith, M. (1998). FAO irrigation and drainage paper.FAO.
12. Fghire, R., Anaya, F., Issa, O.A., & Wahbi, S. (2017). Physiological and growth response traits to water deficit as indicators of tolerance criteria between quinoa genotypes. *Journal of Materials and Environmental Sciences, 8*(6), 2084-2093.
13. Kanouni, H., Farayedi, Y., Sabaghpour, S., & Saeid, A. (2016). Assessment of genotype× environment interaction effect on seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under rainfed winter planting conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18(1), 295-312.
14. Zali, H., Sabaghpour, S., Farshadfar, E., Pezeshkpour, P., Safikhani, M., Sarparast, R., & Hashem Beygi, A. (2008). Stability analysis of yield in chickpea genotypes by additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). *JWSS-Isfahan University of Technology*, *11*(42), 173-180.
15. Zobel, R.W., Wright, M.J., & Gauch Jr, H.G. (1988). Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*. 80(3), 388-393.
16. Karimizadeh, R., Safikhani Nasimi, M., Mohammadi, M., Seyyedi, F., Mahmoodi, A., & Rostami, B. (2008). Determining rank and stability of lentil genotypes in rainfed condition by nonparametric statistics. *JWSS-Isfahan University of Technology,* 12(43), 93-102.
17. Asghari Zakaria, R. & Hassanpanah, D. (2018). Non-Parametric Stability Analysis of Tuber Yield in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Genotypes. *Journal of Crop Breeding,* 10(28), 50-63.
18. Movahhedi, Z., Dehghani, H., & Mofidian, M., (2010). A study of yield stability in cold region ecotypes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) through non-parametric measures . *Iranian Journal of Field Crop Science, 40*(4), 103-111.
19. Pourdad, S.S., Moghaddam, M., Faraji, A., & Naraki, H. (2014). Study on different non-parametric stability methods on seed yield of spring rapeseed varieties and hybrids. *Iranian Journal of Field Crop Science,* 44(4), 539-548.

20. Sabaghnia, N., Mohammadi, M., & Karimizadeh, R. (2013). Interpreting genotype× environment interaction of beard wheat genotypes using different nonparametric stability statistics. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, *59*(2), 21-35.
21. Segherloo, A.E., Sabaghpour, S.H., Dehghani, H., & Kamrani, M. (2008). Non-parametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica, 162*, 221-229.
22. Alizadeh, B., Rezaizad, A., Yazdandoost Hamedani, M., Shiresmaeili, G., Nasserghadimi, F., Khademhamzeh, H.R., & Gholizadeh, A. (2020). Evaluation of seed yield stability of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes using non-parametric methods. *Journal of Crop Breeding, 12*(35), 202-212.
23. Mortazavian, S., Nikkhah, H., Hassani, F., Sharif-al-Hosseini, M., Taheri, M., & Mahlooji, M. (2014). GGE biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology, 16*(3), 609-622.
24. Dehghani, M.R., Majidi, M.M., Mirlohi, A., & Saeidi, G. (2016). Integrating parametric and non-parametric measures to investigate genotype× environment interactions in tall fescue. *Euphytica*. 208, 583-596.
25. Khalili ,M. & Pour, A. (2016). Parametric and non-parametric measures for evaluating yield stability and adaptability in barley doubled haploid lines. J*ournal of Agriculture Science and Technology,* 18, 789-803.
26. Smith, E.L. (1987). A Review of Plant-breeding Strategies for Rain-fed Areas. Drought Tolerance in Winter Cereals. John wiley and sons.
27. Nassar, R. & Huehn, M. (1987). Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*, *43*, 45-53.
28. Huehn, M., 1990. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica*, 47, 189-194.
29. Thennarasu, K. (1995). On Certain Non-parametric Procedures for Studying Genotype-Environment Inertactions and Yield Stability. 1995. IARI, Division of Agricultural Statistics, New Delhi.
30. Salehi, M., Soltani, V., & Dehghani, F. (2019). Effect of sowing date on phenologic stages and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under saline condition. *Enviromental Stresses in Crop Science*, *12*(3), 923-932.
31. Koziol, M.J. (1991). Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of the Science of Food and Agricultur, 54*(2), 211-219.
32. Pour-Aboughadareh ,A., Yousefian, M., Moradkhani, H., Poczai, P., & Siddique, K.H. (2019). STABILITYSOFT: A new online program to calculate parametric and non-parametric stability statistics for crop traits. *Applications in plant sciences, 7*(1), e01211.
33. Istanbulluoglu, A., Gocmen, E., Gezer, E., Pasa, C., & Konukcu, F. (2009). Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agricultural Water Managemen*t, *96*, 1429–1434.
34. El Hazzam, K., Hafsa, J., Sobeh, M., Mhada, M., Taourirte, M., El Kacimi, K., & Yasri, A. (2020). An Insight into Saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): *A Review. Molecules*, *25*(5), 1059.
35. Tabatabaei, I., Alseekh, S., Shahid, M., Leniak, E., Wagner, M., Mahmoudi, H., Thushar, S., Fernie, A.R., Murphy, K.M., & Schmöckel, S.M. (2022). The diversity of quinoa morphological traits and seed metabolic composition. *Scientific data, 9*(1), 323.
36. Alcocer, E., Choquecallata, S., López G., & Marca, F. (2017). Development of Quinoa and Corn Extrusions. In: Records of the Scientific and Technological Symposium on Sustainable Production of Quinoa and Related Species [Memoria de la Jornada Científica y Tecnológica de la Producción Sostenible de Quinua y Especies Afines], pp. 130-132. CIQ, Bolivia. Available at: https://www.ciq.org.bo/images/documentos /MEMORIA%20JORNADAS%20CIENTIFICAS%20QUINUA2017.pdf.

37. Dendy, D.A. & Dobraszczyk, B.J. (2004). Cereales y productos derivados, Química y tecnología. Ed. Acribia. Zaragoza, *España,* 403-421.
38. Liu, C., Ma, R., & Tian, Y. (2022). An overview of the nutritional profile, processing technologies, and health benefits of quinoa with an emphasis on impacts of processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* 64 (16), 5533-5550.
39. Yan, W. (2001). GGEbiplot—A Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, *93*(5), 1111-1118.
40. Jafari, T. & Farshadfar, E. (2018). Stability analysis of bread wheat genotypes (T*riticum aestivum* L.) by GGE biplot. *Cereal Research,* 8(2), 199-208.
41. Plaisted, R. & Peterson, L. (1959). A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal, 36*, 381-385.
42. Wricke, G. 1962. Uber eine Methode zur Erfassung der okologischen Streubreite in Feldverzuchen. Z. *pflanzenzuchtg*, *47*, 92-96.
43. Finlay, K. & Wilkinson, G. (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, *14*(6), 742-754.
44. Eberhart, S.t. & Russell, W. (1966). Stability parameters for comparing varieties 1. *Crop Science*, *6*(1), 36-40.
45. Shukla, G. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. *Heredity*, 29(2), 237-245.
46. Francis, T. & Kannenberg, L. (1978). Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science, 58*(4), 1029-1034.
47. Roostaei, M., Rajabi, R., Jafarzadeh, J. & Mohammadi, R. (2021). Assessment of drought tolerance and grain yield stability performance of rainfed winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Crop Breeding Journal,* 11 (1 & 2), 25-44.
48. Roostaei, M., Sadeghzadeh Ahari, D., Hesami, A., Soleymani, K., Pashapour, H., Nader Mahmoudi, K., Pour Siah Bidi, M., Ahmadi, M., Hassanpour Hosni, M., & Abediasl, G. (2003). Study Of Adaptability And Stability Of Grain Yield Of Bread Wheat Genotypes In Cold And Moderate-Colddryland Areas. *Seed and Plant Journal,* 19(2), 263-275.
49. Daneshian, J. & Ahmadi, M. (2023). Selection of Advanced Soybean Lines in Dry Conditions Using Stability Methods. *Iranian Journal of Field Crop Research,* 54(2), 1-14.