Iranian Journal of Cotton Researches
ISSN: 2345-5306

Evaluation of the drought tolerance indices of different cotton varieties (*Gossypium hirsutum* L.) under irrigation deficit

Hamid Kouhkan[1*], Ali Nakhzari Moghaddam[2], Ali Rahemi Karizaki[3], Omran Alishah[4]

[1] Ph.D. Student of Agronomy, Department of Plant Production, Gonbad University, Gonbad, Iran,
Email: Kouhkan.hamid@yahoo.com)
[2] and [3]Assistant Professors of Plant Production Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[4] Professor of Cotton Breeding Dept. Cotton Research Institute of Iran (CRII)

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 3-6-2023
Accepted: 29-7-2023

Keywords:
Cotton
Drought stress
Correlation coefficient and boll yield

ABSTRACT

Background and objectives: Drought stress poses a significant challenge to crop production globally, including in Iran. Selecting drought-tolerant cultivars is crucial to mitigate adverse environmental conditions. This study aimed to evaluate the drought tolerance of various cotton cultivars using drought tolerance indices to identify the best cultivar adapted to low irrigation stress conditions.

Materials and methods: In order to investigate and determine the response of 10 cotton varieties to drought stress, an experiment in the form of a statistical design of randomised complete blocks under medium stress conditions and without stress with three replicates was conducted in 2021 and 2022 at the Teaching and Research Farm of Gonbad Kavos University. To evaluate the tolerance and sensitivity of the studied cotton cultivars to drought stress, TOL (tolerance index), MP (mean productivity index), SSI (stress sensitivity index), STI (stress tolerance index), GMP (geometric mean productivity index), YI (yield index), YSI (yield stability index), SDI (drought sensitivity index), K1STI (adjusted stress tolerance index under non-stressed conditions), K2STI (adjusted stress tolerance index under stressed conditions), SSPI (percentage sensitivity index to stress), SNPI (performance index of stress and non-stress conditions) were used. After the analysis of variance and comparison of means, correlation coefficients, principal component analysis and cluster analysis were performed to identify and introduce indicators of drought tolerance.

Results: The results of the composite Based on the analysis of variance and the significance of the simple effect and the interaction effects of year, variety and low irrigation, the comparison of the average data in two years was carried out separately, with the highest yield of Vash in the two years 2021 and 2022 under non-stressed (YP) and stressed conditions. Under low irrigation (YS), the Sajdi and Golestan varieties were the highest yielding. The varieties Mai, Shayan, Lodos, Armaghan and Latif achieved above-average yields under both non-stressed and low irrigation conditions. The analysis of

the two-year correlation coefficients between the drought stress indices and rice yield under non-stress (YP) and low irrigation (YS) conditions showed the superiority of the STI, MP, GMP and K1STI indices. The results of the analysis by principal components showed that the first two components explained 99.51 and 96.50 per cent of the changes in the first and second year, respectively.

Conclusion: The MP, GMP, STI and K2STI indices were the most suitable indices for selecting varieties tolerant under low irrigation stress, as they showed a high correlation with wash yield and more principal components under both conditions. The superior values and cluster analysis of Golestan and Sajdi cultivars were identified as the most tolerant and Sahel and Sepid cultivars as the most sensitive cultivars to low irrigation stress. It seems that production and presentation of varieties with high yield and tolerance to water stress is one of the effective solutions to reduce the harmful effects of water stress.

Cite this article: Salehi, M., Dehghani, F. (2022). Evaluation the effect of salinity stress on the protein and micronutrient elements content of quinoa seeds. *Iranian Journal Cotton Researches*, 10 (1), 1-18.

© The Author(s).
DOI: 10.22092/ijcr.2023.362478.1196
Publisher: Cotton Research Institute of Iran

مجله پژوهش‌های پنبه ایران

شاپا: ۶ ۵۳۰۵-۲۳۴۵

ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام مختلف پنبه تحت تنش کم‌آبیاری

حمید کوهکن[۱*]، علی نخزری مقدم[۲]، علی راحمی کاریزکی[۳]، عمران عالیشاه[۴]

[۱] دانشجوی دکتری رشته زراعت گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، ایران، رایانامه: kouhkan.hamid@yahoo.com

[۲ و ۳] استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، ایران.

[۴] استاد موسسه تحقیقات پنبه کشور (گرگان)، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۷

واژه‌های کلیدی:
پنبه
تنش کم‌آبیاری
ضریب همبستگی و عملکرد
وش

چکیده

سابقه و هدف: تنش آبی به‌عنوان یک عامل مهم کاهش تولید در محصولات زراعی در سراسر جهان از جمله ایران شناخته شده است. یکی از راه‌کارهای غلبه بر شرایط نامساعد محیطی، انتخاب ارقام متحمل به تنش کم‌آبیاری و تعیین قدرت سازگاری آنها در دو شرایط محیط تنش و بدون تنش آبی است. با استفاده از شاخص‌های گزینش می‌توان ارقام متحمل را شناسایی و انتخاب کرد. این پژوهش با هدف ارزیابی تحمل تنش کم‌آبیاری ارقام مختلف پنبه بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی جهت معرفی برترین رقم سازگار به شرایط تنش کم‌آبیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی پاسخ ۱۰ رقم پنبه به تنش کم‌آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشگاه گنبدکاووس طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام شد. عامل اصلی تنش آبیاری در دو سطح شامل تنش کم‌آبیاری (دو مرتبه آبیاری در مراحل تشکیل غنچه و شروع گل‌دهی) و عدم تنش (چهار مرتبه آبیاری در مراحل تشکیل غنچه، شروع گل‌دهی، شروع تشکیل غوزه و ابتدای باز شدن غوزه) و عامل فرعی ارقام پنبه در ۱۰ سطح شامل شایان، ساحل، سپید، ساجدی، گلستان، لطیف، ارمغان، پرتو، مای و لودوس بود. برای ارزیابی تحمل و حساسیت ارقام پنبه مورد مطالعه به تنش کم‌آبیاری از شاخص‌های TOL (شاخص تحمل)، MP (شاخص میانگین بهره‌وری)، SSI (شاخص حساسیت به تنش)، STI (شاخص تحمل به تنش)، GMP (شاخص میانگین هندسی بهره‌وری)، YI (شاخص عملکرد)، YSI (شاخص پایداری عملکرد)، SDI (شاخص حساسیت به خشکی)، K1STI (شاخص تحمل به تنش تعدیل شده در شرایط بدون تنش)، K2STI (شاخص تحمل به تنش تعدیل شده در شرایط تنش)، SSPI (شاخص درصد حساسیت به تنش)، SNPI (شاخص میزان عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش) استفاده شد. پس از تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین، محاسبه ضرایب همبستگی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی برای شناسایی و معرفی شاخص‌های متحمل به کم‌آبیاری انجام شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب و معنی‌دار شدن اثر ساده و اثرات متقابل سال، رقم و کم‌آبیاری مقایسه میانگین داده‌ها در دو سال به‌صورت مجزا انجام شد، بیش‌ترین عملکرد وش طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در شرایط بدون تنش (Y_P) و تنش کم‌آبیاری (Y_S) به‌ترتیب متعلق به ارقام ساجدی و گلستان بود. ارقام مای، شایان، لودوس، ارمغان و لطیف در هر دو شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبیاری عملکرد وش بالاتر از میانگین داشتند. مطالعه ضرایب

همبستگی دو ساله بین شاخص‌های تنش خشکی و عملکرد وش در شرایط بدون تنش (Y_P) و تنش کم‌آبیاری (Y_S) بیان‌گر برتری شاخص‌های STI، MP، GMP و K1STI بود. نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مولفهٔ اول طی سال‌های اول و دوم به ترتیب ۹۹/۵۱ و ۹۶/۵۰ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. طبق ترسیم خوشه‌بندی به روش Ward، ارقام پنبه طی سال‌های اول و دوم به ترتیب در چهار و سه گروه مجزا قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج نشان داد شاخص‌های MP، GMP، STI و K2STI به‌دلیل همبستگی بالا با عملکرد وش و مؤلفه‌های اصلی بیش‌تر در هر دو شرایط مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام و متحمل در شرایط تنش کم‌آبیاری بود و بر اساس شاخص‌های برتر و تجزیه خوشه‌ای ارقام گلستان و ساجدی متحمل‌ترین و ارقام ساحل و سپید حساس‌ترین ارقام به تنش کم‌آبیاری شناسایی شدند. به‌نظر می‌رسد تولید و ارائه ارقام پر محصول و متحمل به تنش آبی، از جمله راهکار مؤثر برای کاهش اثرات زیانبار تنش آبی باشد.

استناد: کوهکن، حمید؛ نخزری مقدم، علی؛ راحمی کاریزکی، علی؛ عالیشاه، عمران. (۱۴۰۱). ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در ارقام مختلف پنبه تحت تنش کم‌آبیاری. *مجله پژوهش‌های پنبه ایران*، ۱۰ (۱)، ۱۸-۱.

DOI:

ناشر: موسسه تحقیقات پنبه کشور

© نویسندگان.

مقدمه

گیاهان در مراحل مختلف رشد و نمو خود با تنش‌های زیستی و غیر زیستی مواجه می‌شوند. در این بین تنش خشکی مهم‌ترین تنش غیرزیستی بوده که با گرم شدن کره زمین و بیشتر شدن احتمال رخداد خشکسالی، پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ عملکرد محصولات کشاورزی را در ۵۰ درصد زمین‌های جهان با خطر جدی مواجه کند که این امر باعث کاهش چشم‌گیر تولید محصولات غذایی خواهد شد (احمد و همکاران، ۲۰۱۴). مطالعات تولید پنبه در جهان نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر بر تولید و مصرف پنبه در جهان افزوده شده است. همراه با تغییرات اقلیمی و به تبع آن افزایش روند خشکسالی در دنیا، به آب بیشتری برای تولید محصولات زراعی نیاز است (کامو و همکاران، ۲۰۱۶) که در نتیجه تولید پایدار پنبه را در طی سال‌های آتی در جهان با مشکلاتی همراه می‌سازد (ووریس و همکاران، ۲۰۱۵).

پنبه گیاهی حساس به تنش کم‌آبی است و در شرایط تنش کم‌آبی عملکرد آن تا ۵۸ درصد کاهش می‌یابد، تنش کم‌آبی باعث تغییرات رشد رویشی و زایشی گیاه شده به‌طوری که برخی از گیاهان قادند با تسریع در زمان گل‌دهی در واکنش به تنش از تنش کم‌آبی فرار می‌کنند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۶). کاهش عملکرد پنبه در اثر تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی بیشتر از مرحله گیاهچه و سایر مراحل رشد رویشی پنبه است (زونتا و همکاران، ۲۰۱۷). بهبود عملکرد گیاهان زراعی تحت شرایط تنش خشکی یکی از مهم‌ترین اهداف اصلاح‌گران گیاهان است (کاتیولی و همکاران، ۲۰۰۸). مکانیزم‌های تحمل به خشکی در گیاهان چهار دسته‌اند اجتناب از خشکی، تحمل به خشکی، فرار از خشکی و بهبود خشکی هستند (فنگ و شیونگ، ۲۰۱۵).

روزیل و همبلین (۱۹۸۱) شاخص تحمل[1](TOL) و شاخص میانگین تولید[2](MP) را پیشنهاد نمودند و معتقد بودند که انتخاب بر مبنای مقادیر کمتر TOL به گزینش ژنوتیپ‌هایی منجر می‌شود که عملکرد آنها در محیط تنش نسبت به محیط بدون تنش، کاهش کمتری داشته و دارای ثبات عملکرد خواهد بود. آنان معتقد بودند که انتخاب بر مبنای شاخص MP به گزینش ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا ولی با تحمل به تنش پایین منجر می‌شود. شاخص حساسیت به خشکی[3](SSI) با محاسبه شاخص شدت تنش (SI) جهت تعیین میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها به خشکی پیشنهاد شد. مقدار SSI کمتر از یک بیانگر مقاومت ژنوتیپ به خشکی است (فیشر و مورر، ۱۹۷۸). بنابر این، انتخاب بر اساس شاخص SSI به گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش ولی با پتانسیل عملکرد پایین منجر می‌شود. شاخص تحمل به تنش[4](STI) و میانگین هندسی بهره‌وری[5](GMP) برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی شدند (فرناندز، ۱۹۹۲). شاخص STI قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالقوه بالا در شرایط تنش و بدون تنش بوده و مقادیر بالای آن نشان‌دهنده ثبات عملکرد بیشتر ژنوتیپ در شرایط خشکی است. به‌نظر می‌رسد که شاخص‌های SSI و TOL برای این منظور مناسب نیستند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های MP، GMP و STI با عملکرد در شرایط مطلوب و تنش، این شاخص‌ها را معیارهای مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی کردند (مجیدی و همکاران، ۲۰۱۴).

نادری و همکاران (۲۰۰۰) شاخص‌های تحمل به تنش تغییر شکل یافته[6](MSTI) را برای گزینش ارقام در شرایط محیطی با تنش کم و زیاد معرفی کردند. این شاخص‌ها شامل K1STI و K2STI است که K1 و K2 به‌ترتیب ضرایب تعدیل‌کننده شاخص STI برای شرایط تنش و بدون تنش هستند. باسلاما و سکاپاق (۱۹۸۴) برای انتخاب و غربال‌گری ارقام متحمل به تنش خشکی در گونه‌های زراعی از شاخص پایداری عملکرد[7](YSI) استفاده کردند (باسلاما و سکاپاق،

[1] Stress Tolerance Index
[2] Mean productivity
[3] Stress Susceptibility Index
[4] Stress Tolerance Index
[5] Geometric Mean Productivity
[6] Modified stress tolerance index
[7] Yield Stability Index

۱۹۸۴). موسوی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی شاخص‌های جدید بیان داشتند که شاخص درصد حساسیت به تنش[1](SSPI)، توانایی جداسازی ارقامی نسبتاً متحمل را از غیر متحمل‌ها بهتر از شاخص‌های قبلی دارد و شاخص میزان محصول محیط غیر تنش و تنش[2](SNPI)، قادر به جداسازی ارقامی از گروه A است و تأکید بر عملکرد بالا و پایداری در دو محیط به ویژه عملکرد محیط تنش دارد (موسوی و همکاران، ۲۰۰۸). زنگی (۲۰۰۵) با بررسی شاخص‌های STI، SSI، GMP، MP و TOL در ارقام مختلف پنبه مشاهده کرد که در بیشتر شاخص‌های مورد بررسی به‌جز شاخص TOL، ارقام ساحل، سای‌اکرا و نارابرای بهتر از سایر ارقام بود. عالیشاه و احمدی‌خواه (۲۰۰۹) با بررسی اثر تنش خشکی بر ارقام بهبود یافته پنبه گزارش کردند که بر اساس شاخص STI، ارقام سای اکرا-۳۲۴ و تابلادیلا مقاوم‌تر و پایدارتر از سایر ارقام بودند. لذا هدف از این تحقیق، بررسی تحمل به خشکی ارقام مختلف پنبه بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی جهت معرفی برترین رقم سازگار به شرایط تنش کم‌آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و پاسخ ۱۰ رقم پنبه به تنش کم‌آبیاری، آزمایشی در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۶ متر از سطح آب‌های آزاد انجام شد. بر اساس تقیسم‌بندی آب و هوایی کوپن، منطقه دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه خشک است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ اجرا شد. عامل اصلی سطح تنش تنش کم‌آبیاری شامل تنش متوسط (دو مرتبه آبیاری در مراحل تشکیل غنچه و شروع گل‌دهی) و عدم تنش آبیاری (چهار مرتبه آبیاری در مراحل تشکیل غنچه، شروع گل‌دهی، شروع تشکیل غوزه و ابتدای باز شدن غوزه) و عامل فرعی ۱۰ رقم پنبه شامل شایان، ساحل، سپید، ساجدی، گلستان، لطیف، ارمغان، پرتو، مای و لودوس بود که از موسسه تحقیقات پنبه کشور (گرگان) تهیه شد (جدول ۱). هر کرت شامل چهار خط کاشت پنج متری به فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. آبیاری به‌صورت بارانی به مقدار ۳۸۹۵ متر مکعب در هکتار در تیمار بدون تنش کم‌آبیاری و ۲۰۱۰ متر مکعب در هکتار در تیمار تنش کم‌آبیاری برآورد گردید. ابتدا بستر کاشت آبیاری غرقابی شد و پس از گاورو شدن، سه دیسک عمود بر هم زده شد. عملیات کاشت نیمه دوم اردیبهشت‌ماه انجام شد. مصرف کودها بر مبنای آزمون تجزیه خاک انجام شد. مقدار مصرف کود اوره ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (با منبع اوره ۴۶ درصد) بود که یک‌سوم آن به‌همراه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل ۴۶ درصد در زمان کاشت به زمین داده شد و دو سوم دیگر همراه با آبیاری در مراحل تشکیل غنچه و شروع گل‌دهی به‌صورت سرک به زمین داده شد. در هر کپه سه بذر کاشته شد که در مرحله چهار برگی بوته‌های اضافی حذف و یک بوته باقی گذاشته شد. فاصله بین کرت‌ها و تکرارها به‌ترتیب یک و یک و نیم متر بود. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی (وجین دستی) طی دو مرحله انجام شد. در طول دوره رشد رویشی و زایشی با آفات مبارزه شیمیایی با سموم کوراکرون، استامی‌پراید، سایپرمترین و دیازینون شد. برداشت در دو مرحله (اواسط مهر و اواسط آبان) انجام شد. برداشت چین اول زمانی انجام شد که حدود ۵۰ درصد غوزه‌ها کاملاً باز شده بودند. برای اندازه‌گیری عملکرد وش، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای ۳ مترمربع (۱/۲×۲/۵ متر) از وسط هر کرت برداشت شد و با استفاده از عملکرد ارقام در شرایط نرمال (Y_P) و تنش (Y_S)، شاخص‌های کمی تحمل (جدول ۲) محاسبه شد. پس از محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش، مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام متحمل به تنش کم‌آبیاری و دارای پتانسیل عملکرد بالا بر اساس

[1] Stress Susceptibility Percentage Index
[2] Stress Non-Stress Production Index

عملکرد وش ارقام در هر دو شرایط بدون تنش و تنش مشخص شد. به‌منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص برای تشخیص ارقام متحمل به تنش کم‌آبیاری، همبستگی بین عملکرد وش در محیط تنش و بدون تنش مورد ارزیابی شد. در گام بعدی برای تعیین تغییرات داده‌های شاخص‌های تحمل به تنش کم‌آبیاری، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از ماتریس ضرایب همبستگی و برای گروه‌بندی ارقام از تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های تنش خشکی به روش وارد (Ward) محاسبه شد. تجزیه واریانس عملکرد وش و مقایسه میانگین‌ها با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری ۵ درصد محاسبه شد. تمامی محاسبات با استفاده از نرم افزار اکسل (Excel) و نرم‌افزار SAS نسخه ۹ انجام شد.

جدول ۱- مشخصات ارقام مورد آزمایش

منشأ	شجره	نام رقم	شماره رقم
ایران	توده های خارجی وارداتی از یونان	شایان	V1
بلغارستان	کراس بین استرین ۳۴۹ وکوکر ۱۰۰ ویلت	ساحل	V2
استرالیا	سلکسیون بر روی رقم سای اکرا ۳۲۴	سپید	V3
ایران	سلکسیون توده بذری وارداتی کشور پاکستان	ساجدی	V4
ایران	سلکسیون بر روی رقم ۴۳۲۵۹	گلستان	V5
ایران	لاین اصلاحیCRI-NNC	لطیف	V6
ایران	سلکسیون بر روی رقم ۴۳۳۴۷	ارمغان	V7
ایران	داخلی	پرتو	V8
ترکیه	وارداتی	مای	V9
ترکیه	وارداتی	لودوس	V10

جدول ۲ – شاخص‌های تحمل به خشکی و روابط مربوطه با منبع

نام شاخص	رابطه	ویژگی‌های شاخص	منبع
شاخص حساسیت به تنش آبیاری	$SSI=[1-(Y_S/Y_P)]/1-(\overline{Y}_S/\overline{Y}_P)$	مقادیر کم این شاخص بیانگر تحمل بیشتر گیاه به تنش است.	فیشر و ماور (۱۹۷۸)
شاخص تحمل به تنش آبیاری	$TOL=Y_P-Y_S$	مقادیر بالای این شاخص نشانه حساسیت گیاه به شرایط تنش است.	روزیلی و هامبلین (۱۹۸۴)
شاخص تحمل به تنش آبیاری	$STI=(Y_P\times Y_S)/(\overline{Y}_P)^2$	مقادیر زیاد این شاخص نشان دهنده تحمل زیاد به تنش کم‌آبی و عملکرد بالقوه زیاد است.	فرناندز (۱۹۹۲)
شاخص میانگین بهره‌وری	$MP=(Y_P+Y_S)/2$	این شاخص معیار گزینش ارقام در شرایط عملکرد بالا مطلوب و عملکرد پایین، تنش	روزیلی و هامبلین (۱۹۸۴)
شاخص میانگین هندسی بهره‌وری	$GMP=\sqrt{(Y_P\times Y_S)}$	میانگین عملکرد ارقام در هر دو شرایط نشان می‌دهد.	فرناندز (۱۹۹۲)
شاخص عملکرد	$YI=Y_S/\overline{Y}_S$	عملکرد در شرایط تنش نسبت به میانگین کل ارقام در شرایط تنش محاسبه می‌شود.	گاوازی و همکاران (۱۹۹۷)
شاخص پایداری عملکرد	$YSI=Y_S/Y_P$	برای انتخاب و غربال‌گری ارقام متحمل به تنش کم‌آبی استفاده می‌شود.	بوسلاما و اسکاباق (۱۹۸۴)
شاخص حساسیت به تنش آبیاری	$SDI=(Y_P-Y_S)/\overline{Y}_P$	اختلاف عملکرد ارقام در شرایط بدون تنش و تنش نسبت به میانگین بدون تنش بیان می‌کند.	خلیلی و همکاران، ۲۰۱۲

شاخص تحمل به تنش تعدیل شده در شرایط بدون تنش	$K1STI=(Y_P)^2/(\overline{Y}_P)^2\times STI$	برای گزینش ارقام در شرایط محیطی با تنش کم و زیاد استفاده می‌شود.	نادری و همکاران، ۲۰۰۰
شاخص تحمل به تنش تعدیل شده در شرایط تنش	$K2STI=(Y_S)^2/(\overline{Y}_S)^2\times STI$	برای گزینش ارقام در شرایط محیطی با تنش کم و زیاد بکار می‌رود.	نادری و همکاران، ۲۰۰۰
شاخص درصد حساسیت به تنش	$SSPI=[Y_P-Y_S/2(\overline{Y}_P)]\times 100$	این شاخص برای غربالگری ارقام متحمل به تنش کم‌آبی در شرایط تنش و بدون تنش ارائه می‌شود.	موسوی و همکاران، ۲۰۰۸
شاخص میزان عملکرد شرایط تنش و بدون تنش	$SNPI=\left[\sqrt[3]{(Y_P+Y_S)/(Y_P-Y_S)}\right]\times\left[\sqrt[3]{Y_P\times Y_S\times\overline{Y}_S}\right]$	قادر به شناسایی و جداسازی ارقامی با تأکید بر عملکرد بالا و پایداری در دو محیط به ویژه عملکرد محیط تنش دارد.	موسوی و همکاران، ۲۰۰۸

در روابط ارائه شده Y_S و Y_P به‌ترتیب عملکرد وش پنبه در شرایط تنش کم‌آبیاری و بدون تنش است. $\overline{Y}_S$ و $\overline{Y}_P$ به‌ترتیب میانگین عملکرد تمامی ارقام مورد آزمایش در شرایط تنش کم‌آبیاری و شرایط بدون تنش می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد وش پنبه نشان داد که اثرات ساده سال، رقم، تنش کم‌آبیاری و اثر متقابل آنها در دو سال مختلف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بنابراین از نظر عملکرد وش بین ارقام مورد بررسی، اختلاف معنی‌دار وجود داشت، که این امر نشان‌دهنده تنوع کافی بین ارقام و پاسخ ارقام مختلف مورد بررسی به شرایط تنش کم‌آبیاری می‌باشد و بیانگر آن است که می‌توان بر اساس تحمل به تنش کم‌آبیاری، ارقام را مورد بررسی قرار داد. صدیق و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی ۱۴ ژنوتیپ و رقم پنبه برای صفت عملکرد وش برای هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش اختلاف معنی‌داری مشاهده و تنوع خوبی را بین ژنوتیپ‌ها بر عملکرد وش گزارش نمودند. مقایسه میانگین ارقام در شرایط عدم تنش نشان داد، بیش‌ترین عملکرد وش در شرایط عدم تنش کم‌آبیاری در سال اول و دوم متعلق به رقم گلستان با میانگین به‌ترتیب ۴۵۹۶ و ۴۵۹۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد وش را در شرایط عدم تنش در سال اول و دوم متعلق به رقم ساحل به‌ترتیب با میانگین ۳۵۲۷ و ۳۱۲۶ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص دادند. هم‌چنین در سال اول، ارقام گلستان با میانگین ۲۵۳۵ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم رقم ساجدی با میانگین ۲۲۷۹ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد وش در شرایط تنش کم‌آبیاری و رقم سپید در سال اول و دوم به‌ترتیب با میانگین ۱۶۴۹ و ۱۷۵۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد وش در شرایط تنش کم‌آبیاری را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). این نشان می‌دهد که میانگین عملکرد وش پنبه در شرایط تنش کم‌آبیاری نسبت به شرایط بدون تنش در سال اول و دوم به ترتیب ۵۱/۳ و ۵۳/۲ درصد کاهش داشته است (جدول ۳). کاهش عملکرد وش پنبه در اثر کاهش تعداد غوزه در بوته تحت شرایط تنش کم‌آبیاری بود. بالا یا پایین بودن پتانسیل عملکرد در این ارقام را می‌توان با متغیر بودن صفت‌های مربوط به عملکرد وش در آنها و هم‌چنین واکنش متفاوت نسبت به شرایط کم‌آبیاری مرتبط دانست.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد وش ارقام پنبه تحت تأثیر تنش کم‌آبیاری طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

منابع تغییرات	درجه آزادی اشتباه آزمایش	میانگین مربعات عملکرد وش
سال	۱	۷۰۳۷۳/۶*
خطای ۱	۴	۲۴۵۴۳/۲
کم‌آبیاری	۱	۱۱۰۰۸۵۷۰۰/۸**
سال × کم‌آبیاری	۱	۱۲۹۱۰۰/۸**
خطای ۲	۴	۱۰۹۱۳/۷
رقم	۹	۱۰۶۳۶۴۰/۴**
کم‌آبیاری × رقم	۹	۲۱۸۹۷۴**
رقم × سال	۹	۴۱۲۶۲/۱**
کم‌آبیاری × رقم × سال	۹	۶۳۲۹۵/۴**
خطای ۳	۷۲	۷۹۹۲/۲
ضریب تغییرات (%)		۲/۹۳

**، * و n.s: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک، پنج درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۴- میانگین عملکرد وش ارقام مختلف پنبه طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبیاری

سال	سال اول (۱۴۰۰)		سال دوم (۱۴۰۱)	
رقم	Y_P (kg/ha^{-1})	Y_S (kg/ha^{-1})	Y_P (kg/ha^{-1})	Y_S (kg/ha^{-1})
ارمغان	۳۷۷۶^{d}	۲۲۲۳^{bc}	۳۷۵۸^{g}	۲۱۱۰^{g}
پرتو	۴۲۳۳^{b}	۲۱۰۷^{cd}	۴۲۸۴^{c}	۱۸۲۶^{c}
ساجدی	۴۵۹۶^{a}	۲۳۷۱^{ab}	۴۵۹۳^{a}	۲۲۷۹^{a}
ساحل	۳۵۲۷^{e}	۱۸۳۰^{ef}	۳۱۲۶^{i}	۱۹۸۵^{i}
سپید	۳۶۵۷^{de}	۱۶۴۹^{f}	۳۵۳۲^{h}	۱۷۵۶^{h}
شایان	۴۰۵۴^{c}	۲۰۴۵^{cd}	۴۰۳۷^{d}	۲۱۵۹^{d}
گلستان	۴۵۶۳^{a}	۲۵۳۵^{a}	۴۴۷۳^{b}	۲۶۸۸^{b}
لطیف	۴۰۱۵^{c}	۲۳۱۴^{b}	۳۹۰۳^{ef}	۲۰۴۳^{ef}
لودوس	۴۰۲۴^{c}	۱۷۹۳^{ef}	۳۹۹۷^{de}	۲۱۸۷^{ed}
مای	۴۲۲۵^{b}	۱۹۹۲^{de}	۳۸۲۶^{gf}	۱۹۹۸^{gf}
میانگین ($LSD_{0.05}$)	۴۰۶۷	۲۰۸۶	۳۹۵۳	۲۱۰۳

Y_P و Y_S عملکرد وش ارقام پنبه به‌ترتیب در شرایط بدون تنش کم‌آبیاری و تنش بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

تعیین میانگین و رتبه ارقام پنبه متحمل و حساس بر اساس مقدار عددی هر شاخص: میانگین و رتبه شاخص‌های تنش خشکی مختلف مورد بررسی در این مطالعه مربوط به تنش کم‌آبیاری بر اساس عملکرد وش در شرایط تنش کم‌آبیاری (Y_S) و عدم تنش (Y_P) طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در جداول ۴ و ۶ درج شده است. نتایج این تحقیق نشان داد بالا یا پایین بودن پتانسیل عملکرد در این ارقام را می‌توان با متغیر بودن صفت‌های مربوط به عملکرد وش در آنها و هم‌چنین واکنش متفاوت نسبت به شرایط کم‌آبیاری مرتبط دانست. هر چقدر عملکرد وش در دو شرایط بیشتر باشد، می‌توان اظهار نمود که آن رقم متحمل‌تر است. بر اساس شاخص تحمل TOL در سال اول و دوم به‌ترتیب ارقام ارمغان و ساحل بالاترین مرتبه و بیش‌ترین تحمل داشته که از میزان شاخص کوچک‌تری برخوردار بود و ارقام مای و پرتو پایین‌ترین مرتبه و حساس‌ترین ارقام به تنش کم‌آبیاری و بیش‌ترین میزان این شاخص دارا بودند. بنابر این، شاخص TOL گزینش به‌سوی ارقام متحمل و کم بازده که دارای تغییرات عملکرد کمتر در دو

شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبیاری سوق می‌دهد. لذا از این شاخص در حذف ارقام حساس و نه انتخاب ارقام متحمل استفاده می‌شود شاخص متوسط بهره‌وری MP نشان داد، در سال اول و دوم رقم گلستان بیش‌ترین تحمل و بالاترین عملکرد در شرایط تنش کم‌آبیاری بدلیل سازگاری رقم با شرایط اقلیمی منطقه داشت (جداول ۵ و ۶). به اعتقاد فرشادفر (۲۰۱۳) یک ژنوتیپ با عملکرد مناسب تحت شرایط مطلوب، باید در شرایط کمتر مساعد نیز عملکرد خوبی تولید کند تا بتواند به‌عنوان یک رقم مناسب برای شرایط تنش کم‌آبیاری در نظر گرفته شود. در واقع پایین بودن این شاخص‌ها لزوماً بر بالا بودن عملکرد در شرایط مناسب یا تنش دلالت ندارد، زیرا ارقامی یافت می‌شود که دارای حساسیت بسیار پائینی نسبت به تنش کم‌آبی می‌باشند، اما پتانسیل عملکرد پائینی نیز دارند (موسوی، ۲۰۰۸). بر اساس شاخص‌های GMP, STI, YI, K2STI و SNPI سال اول و دوم رقم گلستان بالاترین مرتبه و بیش‌ترین تحمل تنش و رقم سپید کمترین مرتبه و کمترین تحمل به تنش کم‌آبیاری داشتند (جداول ۵ و ۶). هر چه مقدار عددی شاخص‌های GMP, STI, YI, K2STI و SNPI بالاتر باشد حاکی از تحمل به تنش کم‌آبیاری و پتانسیل عملکرد بیشتر آن رقم در هر دو شرایط می‌باشد. در این پژوهش شاخص SSI رقم لودوس در سال اول و رقم پرتو در سال دوم، کمترین مقدار عددی و بالاترین مرتبه و بیش‌ترین تحمل تنش و کمترین حساسیت به تنش کم‌آبیاری را دارا بودند (جداول ۵ و ۶). هر چقدر مقدار عددی شاخص SSI کوچک‌تر باشد، حساسیت به تنش کمتر و تحمل نسبی رقم به تنش کم‌آبی بیش‌تر است. به‌عبارت دیگر، هر قدر عملکرد وش در شرایط تنش کم‌آبیاری نزدیک‌تر به عملکرد واقعی (بدون تنش) باشد، به همان اندازه حساسیت آن رقم به تنش کم‌آبیاری کمتر خواهد بود (فرشادفر و سوتکا، ۲۰۰۲). بر اساس شاخص پایداری عملکرد YSI ارقام ارمغان و ساحل به‌ترتیب در سال اول و دوم با مقادیر بالا برای این شاخص به‌عنوان متحمل‌ترین و ارقام لودوس و پرتو به‌ترتیب در سال اول و دوم حساس‌ترین رقم به تنش کم‌آبیاری شناخته شدند (جداول ۵ و ۶). بر اساس شاخص تحمل به تنش تعدیل شده در شرایط بدون تنش K1STI طی سال اول و دوم رقم گلستان بیش‌ترین مرتبه و متحمل‌ترین و رقم ساحل کمترین مرتبه و حساس‌ترین رقم طی سال اول و دوم بود. (جداول ۵ و ۶). شاخص درصد حساسیت تنش SSPI توانایی جداسازی ارقام نسبتاً متحمل را از غیر متحمل‌ها بهتر از سایر شاخص‌ها داشته در شاخص SSPI کمترین مقدار عددی، برتری این شاخص‌ها را معرفی می‌نماید بر طبق این مطالعه شاخص SSPI بالاترین مرتبه با کمترین مقدار در سال اول و دوم به‌ترتیب متعلق به ارقام ارمغان و ساحل داشت (جداول ۵ و ۶). بر اساس نظر فرناندز (۱۹۹۲) شاخص STI و GMP مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب می‌باشند. زنگی (۲۰۰۵) بر اساس مشاهدات خود در شرایط تنش و بدون تنش خشکی ارقام پنبه بیان داشت، شاخص‌های STI، MP، GM، SSI و HAM، ارقام سای اکرا، ساحل و نارابری برتر از سایر ارقام پنبه بودند و در مورد شاخص TOL، ارقام بختگان و ورامین ارقام برتر معرفی نمود. ژنوتیپ‌ها یا ارقامی نسبت به شرایط تنش کم‌آبی متحمل‌تر هستند که از نظر شاخص‌های GMP، MP، HAM ، YI، YSI و STI دارای بیش‌ترین مقادیر و از نظر شاخص‌های SSI و TOL دارای کمترین مقادیر باشند (فرشادفر و الیاسی، ۲۰۱۲؛ فرشادفر، ۲۰۱۲).

انتخاب بهترین رقم و شاخص‌ها بر اساس تجزیه همبستگی: با توجه به اینکه تحمل به تنش کم‌آبی صفتی پیچیده بوده و عوامل مختلفی در آن دخالت دارد، گزینش ارقام یا ژنوتیپ‌های متحمل بر مبنای هر کدام از شاخص‌ها و یا عملکرد به تنهایی مشکل است و حتی گاهی نتایج ضد و نقیضی حاصل می‌شود (معروفی، ۱۹۹۹). لذا با استفاده از تجزیه همبستگی بین عملکرد وش در شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبیاری با شاخص‌های کمی تحمل به تنش، می‌توان شاخص‌های متحمل را غربال و مناسب‌ترین شاخص را انتخاب نمود.

جدول ۵- میانگین و رتبه شاخص‌های تحمل به خشکی ارقام پنبه سال اول (۱۴۰۰)

شاخص	TOL		SSI		STI		MP		GMP		YI		YSI		SDI		K1STI		K2STI		SSPI		SNPI	
رقم (رتبه)	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه
ارمغان (۱)	۱۵۵۳	۱	۰/۸۴	۹	۰/۵۱	۷	۲۹۹۹	۷	۲۸۹۷	۷	۱/۰۷	۱	۰/۵۹	۱	۰/۳۸	۱۰	۰/۴۴	۷	۰/۵۸	۷	۱۹/۰۹	۱	۴۰۷۴	۷
پرتو (۲)	۲۱۲۷	۴	۱/۰۳	۵	۰/۵۴	۳	۳۱۷۰	۳	۲۹۸۶	۳	۱/۰۱	۸	۰/۵۰	۸	۰/۵۲	۹	۰/۵۸	۳	۰/۵۵	۳	۲۶/۱۵	۴	۳۸۱۳	۸
ساجدی (۳)	۲۲۲۵	۸	۰/۹۹	۱۰	۰/۶۶	۸	۳۴۸۴	۲	۳۳۰۱	۸	۱/۱۴	۸	۰/۵۲	۷	۰/۵۵	۳	۰/۸۴	۲	۰/۸۴	۸	۲۷/۳۵	۸	۴۱۴۵	۳
ساحل (۴)	۱۶۹۷	۵	۰/۹۹	۲	۰/۳۹	۲	۲۶۷۸	۸	۲۵۴۰	۲	۰/۸۸	۱	۰/۵۲	۴	۰/۴۲	۲	۰/۲۹	۱۰	۰/۳۰	۱	۲۰/۸۷	۵	۳۴۸۹	۱
سپید (۵)	۲۰۰۸	۶	۱/۱۳	۶	۰/۳۶	۱۰	۲۶۵۳	۱۰	۲۴۵۵	۱۰	۰/۷۹	۲	۰/۴۵	۳	۰/۴۹	۷	۰/۲۹	۸	۰/۲۳	۲	۲۴/۶۹	۶	۳۲۱۵	۲
شایان (۶)	۲۰۰۹	۷	۱/۰۲	۳	۰/۵۰	۶	۳۰۵۰	۱	۲۸۸۰	۶	۰/۹۸	۶	۰/۵۰	۶	۰/۴۹	۶	۰/۵۰	۶	۰/۴۸	۶	۲۴/۶۹	۷	۳۷۴۵	۶
گلستان (۷)	۲۰۲۸	۲	۰/۹۱	۴	۰/۷۰	۱	۳۵۴۹	۶	۳۴۰۱	۱۰	۱/۲۲	۲	۰/۵۶	۲	۰/۵۰	۵	۰/۸۸	۱	۱/۰۳	۱۰	۲۴/۹۴	۲	۴۳۸۷	۱۰
لطیف (۸)	۱۷۰۱	۳	۰/۸۷	۷	۰/۵۶	۹	۳۱۶۴	۹	۳۰۴۸	۴	۱/۱۱	۱۰	۰/۵۸	۱۰	۰/۴۲	۸	۰/۵۵	۹	۰/۶۹	۹	۲۰/۹۲	۳	۴۱۶۲	۴
لودوس (۹)	۲۲۳۱	۹	۱/۱۴	۸	۰/۴۴	۴	۲۹۰۸	۴	۲۶۸۶	۴	۰/۸۶	۹	۰/۴۵	۵	۰/۵۵	۴	۰/۴۳	۵	۰/۳۲	۴	۲۷/۴۲	۹	۳۳۹۸	۹
مای (۱۰)	۲۲۳۳	۱۰	۱/۰۸	۱	۰/۵۱	۵	۳۱۰۹	۵	۲۹۰۱	۵	۰/۹۶	۵	۰/۴۷	۹	۰/۵۵	۱	۰/۵۵	۴	۰/۴۶	۵	۲۷/۴۵	۱۰	۳۶۵۶	۵
میانگین	۱۹۸۱		۱		۰/۵۲		۳۰۷۶		۲۹۱۰		۱		۰/۵۱		۰/۴۹		۰/۵۴		۰/۵۵		۲۴/۳۶		۳۸۰۸	

جدول ۶- میانیگن و رتبه شاخص‌های تحمل به خشکی ارقام پنبه سال دوم (۱۴۰۱)

شاخص	TOL		SSI		STI		MP		GMP		YI		YSI		SDI		K1STI		K2STI		SSPI		SNPI	
رقم (رتبه)	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه
ارمغان (۱)	۱۶۴۸	۴	۰/۹۴	۲	۰/۵۱	۷	۴۸۱۳	۷	۲۸۱۶	۷	۱	۷	۰/۵۶	۴	۰/۴۲	۲	۰/۴۶	۷	۰/۵۱	۷	۲۰/۸۴	۴	۳۹۰۱	۷
پرتو (۲)	۲۴۵۸	۱	۱/۲۳	۳	۰/۵۰	۳	۵۱۹۷	۳	۲۷۹۷	۳	۰/۸۷	۳	۰/۴۳	۷	۰/۶۲	۳	۰/۵۹	۳	۰/۳۸	۳	۳۱/۰۹	۱	۳۴۴۶	۳
ساجدی (۳)	۲۳۱۴	۵	۱/۰۸	۵	۰/۶۷	۹	۵۷۳۲	۲	۳۲۳۵	۹	۱/۰۸	۱	۰/۵۰	۶	۰/۵۹	۲	۰/۹۰	۹	۰/۷۹	۵	۲۹/۲۷	۵	۴۰۲۸	۹
ساحل (۴)	۱۱۴۱	۷	۰/۷۸	۱۰	۰/۴۰	۶	۴۱۱۸	۶	۲۴۹۱	۶	۰/۹۴	۹	۰/۶۴	۸	۰/۲۹	۶	۰/۲۵	۶	۰/۳۵	۷	۱۴/۴۳	۶	۳۸۸۱	۶
سپید (۵)	۱۷۷۷	۹	۱/۰۷	۸	۰/۴۰	۹	۴۴۱۰	۸	۲۴۹۰	۱	۰/۸۳	۶	۰/۵۰	۱۰	۰/۴۵	۹	۰/۳۲	۱	۰/۲۸	۹	۲۲/۴۷	۱	۳۳۸۶	۱
شایان (۶)	۱۸۷۹	۱۰	۰/۹۹	۶	۰/۵۶	۱	۵۱۱۷	۸	۲۹۵۲	۸	۱/۰۳	۸	۰/۵۳	۹	۰/۴۸	۸	۰/۵۸	۸	۰/۵۹	۱۰	۲۳/۷۶	۴	۳۹۲۵	۴
گلستان (۷)	۱۷۸۵	۸	۰/۸۵	۹	۰/۷۷	۱۰	۵۸۱۷	۲	۳۴۶۷	۱۰	۱/۲۸	۱۰	۰/۶۰	۷	۰/۴۵	۱	۰/۹۸	۱۰	۱/۲۶	۸	۲۲/۵۷	۸	۴۶۶۴	۸
لطیف (۸)	۱۸۶۰	۶	۱/۰۲	۱	۰/۵۱	۱۰	۴۹۲۵	۱	۲۸۲۴	۱۰	۰/۹۷	۴	۰/۵۲	۵	۰/۴۷	۱۰	۰/۵۰	۲	۰/۴۸	۶	۲۳/۵۳	۱۰	۳۷۷۱	۱۰
لودوس (۹)	۱۸۱۰	۳	۰/۹۷	۷	۰/۵۶	۵	۵۰۹۱	۴	۲۹۵۷	۲	۱/۰۴	۳	۰/۵۵	۱	۰/۴۶	۵	۰/۵۷	۴	۰/۶۱	۳	۲۲/۹۰	۲	۳۹۷۵	۲
مای (۱۰)	۱۸۲۹	۲	۱/۰۲	۴	۰/۴۹	۴	۴۸۲۵	۵	۲۷۶۵	۵	۰/۹۵	۲	۰/۵۲	۴	۰/۴۶	۴	۰/۴۶	۵	۰/۴۴	۲	۲۳/۱۳	۵	۳۷۱۳	۵
میانگین	۱۸۵۰		۰/۹۹		۰/۵۴		۵۰۰۴		۲۸۷۹		۱		۰/۵۳		۰/۴۷		۰/۵۶		۰/۵۷		۲۳/۴۰		۳۸۶۹	

مناسب‌ترین شاخص، آن است که در هر دو شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبیاری با عملکرد همبستگی معنی‌داری داشته باشد (فرناندز، ۱۹۹۲). نتایج تجزیهٔ همبستگی شاخص‌های تنش خشکی طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ بصورت مجزا نشان داد، بین عملکرد وش پنبه در شرایط عدم تنش (Y_P) و تنش کم‌آبیاری (Y_S) با شاخص‌های، STI، MP، GMP، K1STIو K2STI در سطح احتمال یک و پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جداول ۵). بنابراین می‌توان این شاخص‌ها را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص برای غربال کردن ارقام متحمل به تنش کم‌آبیاری که در شرایط تنش و عدم تنش کم‌آبیاری عملکرد بالایی دارند در نظر گرفت. نتایج کوودو و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که شاخص‌های GMP و MP همبستگی بالایی با عملکرد وش پنبه داشتند. هم‌چنین در بررسی صدیق و همکاران (۲۰۱۴)، شاخص‌های MP، STI و GMP همبستگی بالا و مثبت در سطح یک درصد با عملکرد وش پنبه در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی داشتند که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. طالبی و همکاران (۲۰۰۹) با مطالعه شاخص‌های تنش در گندم دوروم و رزمینا و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه شاخص‌های تنش خشکی در گیاه فلفل سبز همبستگی بالا و مثبت در شرایط تنش و غیر تنش با شاخص‌های YI، STI، GMP، MP و SNPI مشاهده کردند.

بررسی قدرتی (۲۰۱۲) نشان داد که شاخص‌های MP، STI و GMP مهم‌ترین شاخص‌ها در انتخاب ارقام با عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی در کلزا هستند با جمع‌بندی نتایج می‌توان گفت شاخص‌های GMP و MP در اکثر مطالعات شاخص‌های ایده‌آل برای غربال کردن لاین‌ها یا ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبیاری بوده‌اند. هم‌چنین، نتایج تجزیه همبستگی جداگانه هر سال نشان داد، شاخص‌های تنش خشکی همبستگی منفی و معنی‌داری بین شاخص‌های YSI با SSI ، K1STI با K2STI و YSI با SDI و SSPI وجود دارد (جداول ۵ و۶). شاخص‌های TOL و SSPI همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار با عملکرد وش در شرایط تنش کم‌آبیاری بصورت جداگانه طی دو سال داشتند، لذا ارقامی که دارای مقادیر کوچک‌تری از شاخص‌ها در شرایط تنش کم‌آبیاری هستند بایستی به‌عنوان ارقام نسبتاً متحمل انتخاب شوند. ارقامی که بر اساس این شاخص‌ها انتخاب می‌شوند دارای عملکردی پایدار در هر دو شرایط تنش و غیر تنش هستند. بر اساس مطالعه صدیق و همکاران (۲۰۱۴) شاخص‌های SSI، TOL و SSPI همبستگی منفی با عملکرد وش پنبه در شرایط تنش کم‌آبیاری نشان دادند که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد. هم‌چنین نتایج همبستگی نشان داد، شاخص‌های SSI و YSI آزمایش همبستگی منفی و غیر معنی‌دار در شرایط عدم تنش با عملکرد وش نشان دادند بنابر این، شاخص مناسبی جهت تعیین ارقام با عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی نمی‌باشند.

انتخاب بهترین رقم و شاخص‌ها بر اساس تجزیه مؤلفه‌های اصلی: نتایج تجزیه به مولفهٔ‌های اصلی با استفاده از ماتریس داده‌های حاصل از شاخص‌های تنش خشکی و عملکرد وش پنبه در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبیاری طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به‌صورت جدا و در قالب جدول ۹ برای محاسبه شده دو مولفه اول که مقادیر ویژه بزرگتر از یک را داشتند، انتخاب شدند. این دو مولفه بیش از ۹۰ درصد تغییرات را توجیه نمودند. بر این اساس، سال اول (۱۴۰۰) مولفهٔ اول ۶۳/۵ درصد و مولفهٔ دوم ۳۶/۰۱ از تغییرات و در مجموع دو مولفهٔ ۹۹/۵۱ درصد از تغییرات و برای سال دوم (۱۴۰۱) مولفهٔ اول ۵۹/۹۱ درصد و مولفهٔ دوم ۳۶/۵۹ تغییرات و در مجموع سه مولفه ۹۶/۵۰ درصد از تغییرات توجیه نمودند. مولفهٔ اول در دو سال مورد بررسی بیشترین درصد تغییرات را توجیه نمود این مولفهٔ در سال اول و دوم دارای ضریب منفی به‌ترتیب برای شاخص‌های SSI و YSI و همچنین ضریب مثبت و بالای از نظر شاخص‌های مربوط به پتانسیل عملکرد وش نظیر STI، MP، GMP، YI و K2STI برای سال اول و از نظر

شاخص‌های STI، MP، GMP، K1STI و K2STI برای سال دوم داشت، بنابر این، مولفهٔ اول به‌عنوان مولفهٔ مؤثر بر پتانسیل عملکرد وش پنبه و تحمل به تنش کم‌آبیاری نامگذاری شد که قادر به تفکیک ارقام با عملکرد بالا در هر دو شرایط است هر چه مقدار این مولفهٔ برای رقمی بیش‌تر باشد مطلوب‌تر است.

جدول ۷- همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ارقام مختلف پنبه در سال ۱۴۰۰

	Y_P	Y_S	TOL	SSI	STI	MP	GMP	YI	YSI	SDI	K1STI	K2STI	SSPI	SNPI
Y_P	۱													
Y_S	۰/۷۲*	۱												
TOL	۰/۶۲	-۰/۱۱	۱											
SSI	-۰/۱۰	-۰/۷۶*	۰/۷۲*	۱										
STI	۰/۸۹**	۰/۹۵**	۰/۲۰	-۰/۵۳	۱									
MP	۰/۹۴**	۰/۹۱**	۰/۶۷*	-۰/۴۲	۰/۹۴**	۱								
GMP	۰/۸۹**	۰/۹۶**	۰/۳۲	-۰/۵۴	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱							
YI	۰/۷۲*	۰/۹۹**	-۰/۰۱	-۰/۷۶*	۰/۹۲**	۰/۹۱**	۰/۹۵**	۱						
YSI	-۰/۱۲	۰/۷۷*	-۰/۷۱*	-۰/۹۹**	۰/۰۹	۰/۴۳	۰/۵۴	۰/۷۷*	۱					
SDI	۰/۶۳*	-۰/۰۹	۰/۹۹**	۰/۷۱*	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۲۱	-۰/۰۹	-۰/۷۷*	۱				
K1STI	۰/۹۶**	۰/۸۶*	۰/۳۹	-۰/۳۴	۰/۹۷**	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۰/۸۶*	۰/۳۵	۰/۴۰	۱			
K2STI	۰/۸۰*	۰/۹۷**	۰/۰۴	-۰/۶۴*	۰/۹۶**	۰/۹۵**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۶۵*	۰/۰۶	-۰/۹۳**	۱		
SSPI	۰/۶۲	-۰/۱۱	۰/۹۹**	۰/۷۲*	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۱۹	-۰/۱۱	-۰/۷۱*	۰/۹۹**	۰/۳۹	۰/۰۴	۱	
SNPI	۰/۶۵*	۰/۹۹**	-۰/۲۰	-۰/۸۲*	۰/۸۳*	۰/۸۶*	۰/۹۲**	۰/۹۹**	۰/۸۳*	-۰/۱۹	۰/۸۱*	۰/۹۵**	-۰/۲۰	۱

* و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح آماری پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول ۸- همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ارقام مختلف پنبه در سال ۱۴۰۱

	Y_P	Y_S	TOL	SSI	STI	MP	GMP	YI	YSI	SDI	K1STI	K2STI	SSPI	SNPI
Y_P	۱													
Y_S	۰/۵۸	۱												
TOL	۰/۸۰*	-۰/۰۲	۱											
SSI	-۰/۴۲	-۰/۴۹	۰/۸۸**	۱										
STI	۰/۸۹**	۰/۹۲**	۰/۳۸	-/۱۰	۱									
MP	۰/۹۸**	۰/۷۳*	۰/۶۷*	۰/۲۳	۰/۹۴**	۱								
GMP	۰/۸۷**	۰/۹۰**	۰/۴۱	-۰/۰۷	۰/۹۹**	۰/۹۵**	۱							
YI	۰/۵۹	۰/۹۹**	-۰/۰۱	-۰/۴۸	۰/۹۲**	۰/۷۴*	۰/۹۱**	۱						
YSI	-۰/۴۳	۰/۴۸	-۰/۸۷*	-۰/۹۹**	۰/۰۹	-۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۴۷	۱					
SDI	۰/۸۱*	-۰/۰۲	۰/۹۹**	۰/۸۷**	۰/۳۸	۰/۶۷*	۰/۴۱	-۰/۰۱	-۰/۸۷*	۱				
K1STI	۰/۹۴**	۰/۸۱*	۰/۵۶	۰/۱۰	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۷**	۰/۸۱*	-۰/۱۰	۰/۵۶	۱			
K2STI	۰/۷۰*	۰/۹۷**	۰/۱۵	-۰/۳۳	۰/۹۶**	۰/۸۲*	۰/۹۵**	۰/۹۳**	۰/۳۱	۰/۱۵	-۰/۸۹**	۱		
SSPI	۰/۸۰*	-۰/۰۲	۰/۹۹**	۰/۸۸**	۰/۳۸	۰/۶۷*	۰/۴۱	-۰/۱۹	-۰/۸۷*	۰/۹۹**	۰/۵۶	۰/۱۴	۱	
SNPI	۰/۴۳	۰/۹۸**	-۰/۱۹	-۰/۶۳*	۰/۸۳*	۰/۶۰	۰/۸۱*	۰/۹۹**	۰/۶۳	-۰/۱۹	۰/۷۰*	۰/۹۳**	-۰/۱۹	۱

*و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح آماری پنج و یک درصد می‌باشد.

مولفهٔ دوم با توجیه ۳۶ درصد تغییرات کل در ماتریس داده‌ها شاخص‌ها مثبت و بیش‌ترین در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبیاری در سال اول و دوم مربوط به شاخص‌های TOL، SSI، SDI و SSPI داشت. مولفهٔ دوم دارای ضرایب پایین و منفی طی سال اول و دوم برای شاخص‌های YS، YI، YSI، K2STI و SNPI داشت از این رو مولفهٔ دوم به نام مولفهٔ حساسیت به تنش کم‌آبیاری نامگذاری شد. ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۲) تجزیه به مؤلفه‌های اصلی را برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های فیستوکا استفاده کردند در تحقیق آنها مؤلفه اول و دوم بیش از ۹۸ درصد از تغییرات را توجیه کردند که مؤلفه اول با شاخص‌های GMP،

MP، Y_S، Y_P و STI بیش‌ترین مقدار داشت. بنابر این، مؤلفه را پتانسیل تولید عملکرد نامیدند و مؤلفه دوم با شاخص‌های TOL و SSI مثبت بوده و این مؤلفه را حساسیت به تنش نامیدند. در پژوهش دیگری، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شناخت بهتر روابط بین شاخص‌های انتخاب ژنوتیپ‌های برتر یولاف استفاده و مشخص شد که مؤلفه اول با شاخص‌های Y_P، Y_S، STI، MP، YI و HM اعداد بیش‌تر و مثبت داشت. بر این اساس، این مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی نام‌گذاری شد و مؤلفه دوم با YSI مقادیر زیاد و مثبت داشت بنابر این، مؤلفه دوم تحمل به خشکی نام‌گذاری گردید (مولوت و سعیت، ۲۰۱۱). از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای مطالعه و انتخاب شاخص‌های برتر در گیاهان مختلف از جمله گندم و ذرت استفاده شده است (جعفری و همکاران، ۲۰۰۹؛ عبدالشاهی و همکاران، ۲۰۱۳).

جدول ۹- مقادیر ویژه، سهم تجمعی و بردارهای ویژه شاخص‌های تنش خشکی در شرایط تنش کم‌آبیاری و غیر تنش پنبه دو ساله

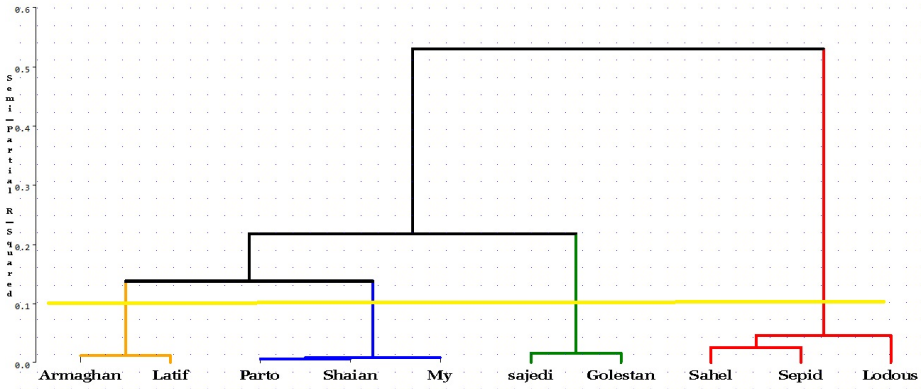
سال	سال اول ۱۴۰۰		سال دوم ۱۴۰۱	
شاخص	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه اول	مؤلفه دوم
YP	۰/۲۶۹	۰/۲۶۵	۰/۳۲۰	۰/۱۶۰
YS	۰/۳۲۷	-۰/۰۶۸	۰/۲۹۱	-۰/۰۲۲
TOL	۰/۰۱۴	۰/۴۵۶	۰/۱۷۷	۰/۳۶۴
SSI	-۰/۲۱۷	۰/۳۴۲	۰/۰۱۸	۰/۴۲۳
STI	۰/۳۲۶	۰/۰۷۲	۰/۳۴۱	-۰/۰۶۶
MP	۰/۳۲۱	۰/۱۲۷	۰/۳۳۹	۰/۰۷۸
GMP	۰/۳۲۷	۰/۰۶۹	۰/۳۴۲	-۰/۰۵۰
YI	۰/۳۲۷	-۰/۰۶۹	۰/۲۹۳	-۰/۲۲۴
YSI	۰/۲۱۹	-۰/۳۴۱	-۰/۰۲۱	-۰/۴۲۱
SDI	۰/۰۱۹	۰/۴۵۵	۰/۱۸۰	۰/۳۶۲
K1STI	۰/۳۰۸	۰/۱۶۱	۰/۳۴۳	۰/۰۲۰
K2STI	۰/۳۲۷	-۰/۰۰۲	۰/۳۱۶	-۰/۱۶۱
SSPI	۰/۰۱۵	۰/۴۵۶	۰/۱۷۹	۰/۳۶۳
SNPI	۰/۳۲۰	-۰/۱۱۲	۰/۲۵۶	-۰/۲۸۵
مقادیر ویژه	۹/۱۵	۴/۸۰	۸/۳۹	۵/۵۴
درصد واریانس	۶۵/۳۵	۳۴/۲۹	۵۹/۹۱	۳۹/۵۹
درصد واریانس تجمعی	۶۵/۳۵	۹۹/۶۴	۵۹/۹۱	۹۹/۵۰

انتخاب بهترین رقم و شاخص‌ها بر اساس تجزیهٔ خوشه‌ای (کلاستر): تجزیه خوشه‌ای ارقام پنبه بر اساس همه شاخص‌های مورد بررسی در شرایط غیر تنش و تنش کم‌آبیاری بر اساس روش Ward و فاصله اقلیدوسی با در نظر گرفتن خط برش فرضی موجب دسته‌بندی ارقام پنبه به‌ترتیب در سال اول در چهار گروه و در سال دوم در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۱ و ۲). در این گروه‌بندی طی مطالعه دو ساله ارقام گلستان و ساجدی با بالاترین عملکرد وش و از نظر شاخص‌های STI، MP، GMP، K1STI، K2STI و SNPI دارای بیش‌ترین مقدار بود در یک گروه قرار داشته و به گروه متحمل به تنش کم‌آبیاری نام‌گذاری شد. ارقام ارمغان و لطیف از نظر شاخص‌های TOL، YSI و SSPI بیش‌ترین مقدار را در سال اول داشتند و در گروه دوم به‌عنوان گروه نیمه متحمل به تنش کم‌آبیاری نامگذاری شد. ارقام پرتو، مای و شایان در مطالعه سال اول در خوشه سوم قرار گرفتند که به گروه نیمه حساس نامگذاری شدند. همچنین در سال

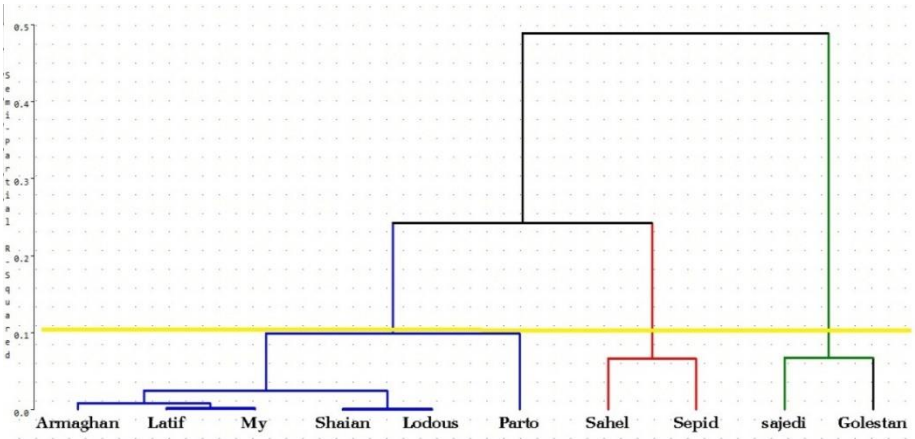
دوم ارقام شایان، ارمغان، لطیف، مای و لودوس در یک گروه قرار داشتند و جزء ارقام نیمه متحمل به تنش کم‌آبیاری بودند. ارقام ساحل، سپید و لودوس در سال اول مطالعه و ارقام سپید و ساحل بهعنوان حساس ترین ارقام به تنش کمآبیاری به ترتیب در سال اول در گروه چهارم و در سال دوم قرار گرفتند که از نظر اکثر شاخصهای کمترین مقدار را دارا که به گروه حساس به تنش تنش کم‌آبیاری معروف بودند، و ارقام شایان، لطیف و ارمغان در خوشه سوم و ارقام ساحل و سپید که از لحاظ عملکرد وش در شرایط تنش و عدم تنش خشکی از مقادیر پایینی برخوردار بودند در شاخه چهارم قرار داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش کم‌آبیاری در هر مرحله از رشد رویشی و زایشی گیاه کاهش بارزی بر عملکرد وش پنبه دارد به‌طوری کلی نتایج بدست آمده از این تحقیق بیانگر آن است که بین ارقام مورد مطالعه از لحاظ عملکرد وش در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج تجزیه همبستگی و مؤلفه‌های اصلی بر روی شاخص‌های محاسبه شده نشان داد که شاخص‌های MP، GMP، STI و K2STI به‌دلیل همبستگی بالا با عملکرد وش در هر دو شرایط مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ارقام با عملکرد وش بالا و متحمل در شرایط تنش کم‌آبیاری در این مطالعه می‌باشند. بر اساس شاخص‌های برتر و تجزیه خوشه‌ای ترسیم شده، از بین ۱۰ رقم پنبه مورد مطالعه، ارقام گلستان و ساجدی متحمل‌ترین و ارقام ساحل و سپید حساس‌ترین ارقام به تنش کم‌آبیاری شناسایی شدند. به‌نظر می‌رسد تولید و ارائه ارقام پر محصول و متحمل به تنش آبی، از جمله راهکار مؤثر برای کاهش اثرات زیانبار تنش آبی باشد.



شکل ۱- دندوگرام گروه‌بندی ارقام پنبه بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش خشکی به روش ward در سال اول (۱۴۰۰)



شکل ۲- دندوگرام گروه‌بندی ارقام پنبه بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش خشکی به روش ward در سال دوم (۱۴۰۱)

منابع

1. Abdolshahi, R., Safarian, A., Nazari, M., Pourseyedi, S.H. and Mohamadi-Nejad, G.H. 2013. Screening drought tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using different multivariate methods. Archives of Agronomy and Soil Science 59(5): 1-20. (In Persian).
2. Ahmad, P., Jamsheed, S., Hameed, A., Saima, R., Sharma, S., Azooz, M.M. and Hasan uzzaman, M. 2014. Drought Stress Induced. In: Ahmad, P. (Ed.) Oxidative Damage and Antioxidants in Plants Oxidative damage to plants: antioxidant networks and signaling, drought stress induced oxidative damage and antioxidants in plants. Academic Press, Massachusetts, USA, p_p: 345-367.
3. Alishah, O. and Ahmadikhah, A. 2009. The effects of drought stress on improved cotton varieties in Golestan Province of Iran. International Journal of Plant Production. 3(1): 17-26.
4. Bouslama, M. and Schapaugh, W.T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science. 24: 933-937.
5. Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A. and Michele Stanca, A. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research. 105: 1-14.
6. Ebrahimiyan, M., Majidi, M.M., Mirlohi, A. and Gheysari, M. 2012. Drought tolerance indices in a tall fescue population and its poly cross progenies. Crop and Pasture Science 63: 360-369.
7. Fang, Y and Xiong, L. (2015). General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. Cell Mol Life Science. 72 (4): 673-689.
8. Farshadfar, E. and Elyasi. P. 2012. Screening quantitative indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces. European Journal of Experimental Biology 5(3): 577-584.
9. Farshadfar, E. and Sutka, J. 2002. Screening drought tolerance criteria in maize. Acta Agronomica Hungarica 50(4): 411–416.
10. Farshadfar, E., Poursiahbidi, M.M. and Safavi, S.M. 2013. Assessment of drought tolerance in land races of bread wheat based on resistance/tolerance indices. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research 2(1): 143-158.
11. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. AVRDC Publication. Tainan. Taiwan. 13-18 August. Pp. 257-270.
12. Fischer, R.A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29(1): 897-912.
13. Ghodrati, G. 2012. Evaluation of terminal drought tolerance in spring Rapeseed (*Brassica napus* L.) promising lines. Seed and Plant Improvement Journal 28(2): 225-237. (In Persian).
14. Kummu, M., Guillaume, J.H.A., de Moel, H., Eisner, S., Florke, M., Porkka, M., Siebert, S., Velkamp, T.I.E. and Ward, P.J. 2016. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. Scientific Reports 6(3): 38-49.
15. Jafari, A., Paknejad, F. and Jami-Al-Ahmadi, M. 2009. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. Journal Plant production 3(4): 33–38. (In Farsi)
16. Maroufi, A. 1999. Determination of chromosome location of drought resistance indices in wheat. MS.c Thesis. Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah. (In Farsi)
17. Majidi M., Jafarzadeh, M., Rashidi, F. and Mirlohi, A.F. 2014 Identification of rapeseed cultivars for drought tolerance indicators. Agricultural plant science 45(4): 565-573. (In Farsi)
18. Mevlut, A. and Sait, C. 2011. Evaluation of drought tolerance indices for selection of Turkish oat (*Avena sativa* L.) landraces under various environmental conditions. Zemdirbyste Agriculture 98(2): 157-166.

19. Moosavi, S.S., YazdiSamadi, B., Naghavi, M.R., Zali, A.A., Dashti, H., and Pourshahbazi, A. 2008. Introduction of new indices to identify drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert 12(1): 165-178.
20. Naderi, A., Majidi-Hervan, E., Hashemi-Dezfoli, A., Rezaei, A. and Nourmohammadi, G. 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. Plant Seed Journal. 15(1): 390-402
21. Quevedo, Y.M., Moreno, L.P. and Barragan, E. 2022. Predictive models of drought tolerance indices based on physiological, morphological and biochemical markers for the selection of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) varieties. Journal of Integrative Agriculture 21(5): 1310–1320.
22. Rosmaina, S., Parjanto, B., Sobir, F. and Yunus, A. 2019. Screening of *Capsicum annuum* L. genotypes for drought tolerance based on drought tolerance indices. SABRAO Journal of Breeding and Genetics 51(3): 205-224.
23. Rosielle, A.A. and Hamblin, J. 1981 Theoretical aspects of selections for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21(1): 943-946.
24. Sediq, S., Bajit, M., Qadri, M.Q. and Samadzadeh, A.R. 2014. Determining suitable indicators to evaluate drought tolerance in cotton genotypes. Iranian Cotton Research Journal 3(2): 41-53.
25. Talebi, R., Fayaz, F. and Naji, A.M. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) General and Applied Plant Physiology 35(2): 64-74.
26. Wang, R., Zhang, P., Meng, Y., Wang, Y., Chen, B. and Zhou, Z. 2016. Drought effects on cotton yield and fiber quality on different fruiting branches. Crop Science 56(3): 1265–1276.
27. Wilhite, D. A., Sivakumar, M.V.K. and Pulwarty, R. 2014. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. Weather and Climate Extremes 3(1): 4–13.
28. Vories, E.D., Stevens, W.E.G., Sudduth, A. and Drummond, S.T. 2015. Impact of soil variability on irrigated and rain fed cotton. Journal of cotton science 19(1): 1-14.
29. Zangi, M.R. 2005. Correlation between drought resistance indices and cotton yield in stress andnon- stress conditions. Asian Journal of Plant Sciences 4(2): 106-108.
30. Zabet, M., Hosein, A. H., Ahmadi, A. and Khialparast, F. 2003. Effect of Water Stress on Different Traits and Determination of the best Water Stress Index in Mung Bean (*Vignaradiata*). Iranian Journal of Agricultural Sciences 34(4): 889-898.
31. Zonta, J. H., Bradao, Z. N., Rodrigues, J.I.D. and Sofiatti, V. 2017. Cotton response to water deficits at different growth stages. Revista Caatinga 30(3): 980–990.