J. Crop Prod. Process. 2026, 16(2), 93-110; DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Original Article

Screening of Drought Stress Tolerance in Diploid Landraces of Cotton in Kashmar, Northeast Iran

Hassan Najjar, Fatemeh Saeidnia* and Majid Taherian

Agricultural and Horticultural Science Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Mashhad, 91769-83641, Iran.

Extended Abstract:

Introduction: Drought is one of the most important abiotic stresses that limits the growth and production of agricultural plants and affects many morphological, physiological, biochemical and metabolic aspects of plants (Blum, 2011). Changing the cultivation pattern and identifying heat and drought tolerant plant species and cultivars with high adaptability and low water requirements are among the main objectives of plant breeding in arid and semi-arid regions of the world. Cotton, as an oilseed crop and the world's most important natural fiber source, holds exceptional agricultural, commercial, and economic significance. Its global value is so substantial that it is often referred to as "white gold" (Raphael et al., 2019; Singh et al., 2019). Although cotton is a glycophyte, it demonstrates relatively high tolerance to abiotic stresses compared with many other major crops. Nevertheless, severe environmental constraints-particularly drought can markedly impair cotton growth, reduce yield, and diminish fiber quality. Therefore, this study was conducted to evaluate the effect of drought stress on landraces of cotton, and to identify and select the drought-tolerant cultivars of cottons using 19 diploid genotypes.

Materials and Methods: For this purpose, an experiment was performed at the Kashmar Agricultural and Natural Resources Research Station, Kashmar, Northeast Iran based on a split-plot experiment within a randomized complete block design, with three replications, under normal and moisture stress conditions. Moisture stress was imposed by doubling the irrigation interval; specifically, while the non-stressed treatment involved a 10-day irrigation cycle, the stress treatment utilized a 20-day cycle-effectively doubling the interval. Then, some morphological traits (plant height, number of sympodial branches, number of monopodial branches, number of opened bolls, number of closed bolls, and crown diameter) along with yield of studied landraces were assessed under two irrigation regimes (normal and water-stress conditions). To evaluate the drought tolerance of the mentioned genotypes, drought tolerance and susceptibility indices were calculated based on the seed yield under stress (Ys) and non-stress (Yp) conditions. Correlation analysis, principal component analysis based on the correlation matrix, and biplot analysis were performed using SPSS ver. 16, Statgraphics, and STATISTICA ver. 8 software.

Results and Discussion: High genetic variation was observed among landraces for most of the studied traits and indices. This indicates high genetic diversity among the selected landraces regarding the traits under study and can be effective in improving selection within breeding programs. Moisture stress had negative effects on the majority of the studied traits and altered inter-trait relationships, thereby increasing genetic variability and enhancing selection efficiency for stress-adaptive characteristics. On average, moisture stress reduced the seed yield and plant height by 74% and 51%, respectively. The low heritability of seed cotton yield (46%) indicates that direct selection based on yield is not effective for the improvement of this trait and indirect selection based on yield components which have moderate to high heritability and high correlation with yield (i.e. plant height, number of monopodial and sympodial branches, number of open and closed bolls), would be more effective. These traits, therefore, represent valuable targets for

Received: Dec. 18, 2025; Revised: July 27, 2026; Accepted: Aug. 01, 2026; Published Online: Aug. 20, 2026.
* Corresponding Author: f.saeidnia@areeo.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

indirect selection aimed at improving yield and drought tolerance. Based on the results of correlation analysis and PCA method, five indices of MP, GMP, STI, YI and ATI showed significant and positive correlation with the seed cotton yield under both stress and non-stress conditions and therefore can separate the superior landraces. Therefore, these indices were identified as the best indices for distinguishing between moisture-stress-tolerant and moisture-stress-sensitive cotton landraces. Results showed that the native landraces of Shahreza, Sorkhe Semnan, and Kashmar red boll were drought tolerant whereas the native landraces of colored fibers and red boll green leaf of Qom were identified as sensitive ones.

Conclusions: Overall, drought-tolerance and susceptibility indices facilitated the identification of stress-resilient landraces which may be suitable for cultivation in arid and semi-arid environments. The tolerant landraces identified in this study can be used as suitable parents for genetic analysis and breeding for moisture stress tolerance in the future studies. Furthermore, crossing stress-tolerant and stress-sensitive landraces can be utilized to generate genetic maps in the breeding studies. Further research should refine selection models and validate these landraces across broader agro-ecological contexts.

Keywords: Yield stability, Tolerance indices, Monopodial and sympodial branches, Seed cotton yield.

How to Cite: Najjar H., Saeidnia F., Taherian M., Screening of drought stress tolerance in diploid landraces of cotton in Kashmar. *J. Crop Prod. Process*. 2026, 16(2), 93-110 (*In Persian*). DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

Copyright © 2026 Isfahan University of Technology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱٤۰۵، دوره ۱٦، شماره ۲، صص. ۱۱۰-۹۳، DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
صفحه خانگی نشریه: https://jcpp.iut.ac.ir/

مقاله پژوهشی

ارزیابی تحمل تنش رطوبتی در توده‌های دیپلوئید پنبه در منطقه کاشمر، شمال شرق ایران

حسن نجار، فاطمه سعیدنیا* و مجید طاهریان

چکیده– خشکی از مهمترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد و تولید گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین نیاز به اصلاح ارقامی که از سازگاری بالا و نیاز آبی پایینی برخوردار باشند، به شدت احساس می‌شود. این مطالعه به‌منظور بررسی تحمل خشکی ژنوتیپ‌های بومی پنبه بر روی ۱۹ ژنوتیپ دیپلوئید در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کاشمر به‌صورت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در دو شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی در سه تکرار اجرا شد. به‌منظور ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ‌ها، شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش با استفاده از عملکرد وش در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی محاسبه شدند. برای اکثر صفات و شاخص‌های مورد بررسی تنوع ژنتیکی بالایی بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. تنش رطوبتی آثار منفی بر روی اکثر صفات مورد مطالعه داشت و تنوع فنوتیپی صفات را کاهش داد. به‌طور متوسط تنش رطوبتی دو صفت عملکرد و ارتفاع بوته را به‌ترتیب به میزان ۷٤ درصد و ۵۱ درصد کاهش داد. وراثت‌پذیری پایین عملکرد وش (٤٦ درصد) نشان‌دهنده این است که انتخاب مستقیم براساس عملکرد وش برای بهبود این صفت کارایی کمتری دارد و باید از انتخاب غیرمستقیم براساس اجزای عملکرد که وراثت‌پذیری نسبتاً بالایی دارند و از همبستگی بالایی با عملکرد وش برخوردار هستند (یعنی ارتفاع بوته، تعداد شاخه رویا و زایا، تعداد غوزه باز و بسته)، بهره جست. شاخص‌های MP، GMP، STI، YI و ATI همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد وش در دو شرایط تنش و بدون تنش داشتند و قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های برتر بودند. لذا این سه شاخص به‌عنوان بهترین شاخص‌ها در تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش رطوبتی در پنبه شناسایی شدند. نتایج نشان داد که توده‌های بومی شهرضا، سرخه سمنان و غوزه قرمز کاشمر متحمل و توده‌های بومی الیاف رنگی و غوزه قرمز برگ سبز قم حساس به تنش رطوبتی بودند. از ژنوتیپ‌های متحمل شناسایی شده در این مطالعه می‌توان به‌عنوان والدین مناسب برای تجزیه و تحلیل ژنتیکی و اصلاح برای تحمل تنش رطوبتی در مطالعات آتی استفاده کرد. همچنین از تلاقی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش می‌توان به‌منظور ایجاد نقشه‌های ژنتیکی در مطالعات اصلاحی بهره جست.

واژه‌های کلیدی: پایداری عملکرد، شاخص‌های تحمل، شاخه‌های رویا و زایا، عملکرد وش

دریافت مقاله: ۱٤۰٤/۰۹/۲۷، بازنگری: ۱٤۰۵/۰۵/۰۵، پذیرش: ۱٤۰۵/۰۵/۱۰، اولین انتشار: ۱٤۰۵/۰۵/۲۹

بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ۹۱۷٦۹-۸۳٦٤۱، ایران.

*: نویسنده مسئول، رایانامه: f.saeidnia@areeo.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱٤۰۵ ©.
این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:
Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

مقدمه

امروزه تنش‌های محیطی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به شمار رفته و مقابله و یا تخفیف اثر تنش‌ها به‌عنوان راه‌کاری مفید در جهت افزایش عملکرد این محصولات مد نظر قرار گرفته است. خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد و تولید گیاهان زراعی را محدود می‌سازد و تمام جنبه‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و متابولیک گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱، ۲۰ و ٤۳). تغییر الگوی کشت و شناسایی گونه‌ها و ارقام گیاهی متحمل به گرما و خشکی که از سازگاری بالا و نیاز آبی پایین برخوردارند، یکی از دغدغه‌های اصلی متخصصین اصلاح نباتات و از اهداف اصلی اصلاح گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و انتظار می‌رود که نقش مؤثری را در مقابله با اثرات تغییر اقلیم ایفا نماید (۱۲، ١٤ و ۳۲). تنوع ژنتیکی اساس بیشتر برنامه‌های اصلاحی بوده و نقش مهمی در موفقیت برنامه‌های اصلاحی و غربالگری ژنوتیپ‌ها برای تحمل به تنش‌های غیرزیستی دارد، زیرا این تنوع امکان شناسایی ارقام برتر از نظر صفات مورد مطالعه را فراهم می‌سازد (۸ و ۲۳).

پنبه به‌عنوان گیاهی راهبردی و مهمترین گیاه لیفی، یکی از پرارزش‌ترین گیاهان زراعی است که اهمیت اقتصادی و موقعیت کشاورزی و تجاری ویژه‌ای در جهان و ایران یافته است به گونه‌ای که به این محصول به دلیل اهمیت اقتصادی زیاد آن، لقب طلای سفید داده‌اند (۱۳). به‌عنوان یک گلیکوفیت، پنبه نسبت به سایر محصولات اصلی تحمل بیشتری نسبت به تنش‌های غیرزیستی نشان می‌دهد. با این حال، شرایط محیطی شدید مانند خشکسالی بر رشد، بهره‌وری و کیفیت الیاف پنبه تأثیر معنی‌داری می‌گذارد (١٦ و ۳۵) و پایداری تولید پنبه در طی سال‌های آینده در دنیا را با مشکلات همراه می‌سازد (٤١). برآوردها نشان می‌دهد که تنش رطوبتی منجر به خسارتی حدود ٦۷ درصد در عملکرد پنبه شده است که نشان‌دهنده این است که اثرات منفی تنش رطوبتی بر روی عملکرد پنبه نسبت به سایر تنش‌های محیطی شدیدتر است (٢٤ و ٤٠).

در پنبه تلاش‌های قابل‌توجهی برای شناخت مکانیسم‌های تحمل خشکی و شناسایی صفات مرتبط با تحمل خشکی صورت گرفته است (۳۵). سینگ و همکاران (۳٤) به‌منظور بررسی میزان تحمل خشکی ارقام تتراپلوئید پنبه ١٦ ژنوتیپ را مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که در شرایط تنش تفاوت معنی‌داری بین ارقام از نظر عملکرد و اجزای عملکرد وجود دارد. مهرآبادی و همکاران (۱۷) آزمایشی را به‌منظور ارزیابی عملکرد چهار رقم حساس و متحمل به خشکی پنبه در سطوح مختلف آبیاری اجرا کردند و گزارش کردند که تمامی اجزای عملکرد بجز وزن غوزه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح کم آبیاری قرار گرفتند.

اصلاح برای تحمل خشکی به‌عنوان یکی از اهداف اصلی برنامه‌های اصلاحی، در گیاهان مختلف همواره با مشکلات خاص خود مواجه بوده است که از بزرگترین آنها پیچیدگی صفت تحمل تنش و عدم وجود معیارها و روش‌های مؤثر برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل است (۲۵ و ۳۱). در مناطق خشک و نیمه‌خشک پتانسیل عملکرد در شرایط تنش معیار مناسبی برای تحمل خشکی محسوب نمی‌شود؛ بلکه بررسی عملکرد نسبی در شرایط تنش و عدم تنش به‌عنوان شاخص مناسبی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی، انتخاب ژنوتیپ برای اصلاح در محیط خشک، و شناخت مکانیسم‌های تحمل خشکی بکار گرفته می‌شود (۷ و ۳۳). این انتخاب به‌وسیله تعدادی شاخص انتخاب صورت می‌گیرد که براساس یک سری روابط ریاضی که بین شرایط تنش و عدم تنش برقرار می‌گردد، محاسبه می‌شوند (۹).

با توجه به آنکه مناطق پنبه کاری در ایران با میزان متوسط بارندگی ٢٤٦ میلی متر در سال جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند، تحقیق در خصوص عکس‌العمل ارقام مختلف پنبه به سطوح متفاوت این تنش می‌تواند اطلاعات مفیدی را برای مواجهه با این مشکل در اختیار به‌نژادگران قرار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

جدول ۱. دما (حداقل، حداکثر و متوسط)، رطوبت نسبی و میزان بارندگی ماهانه در سال ۱۴۰۲ در منطقه کاشمر

ماه	دما (درجه سانتی‌گراد)			رطوبت نسبی (درصد)			بارندگی
	حداقل	حداکثر	متوسط	حداقل	حداکثر	متوسط	(میلی‌متر)
فروردین	۱۲/۱	۲۳	۱۷/۶	۲۳/۹	۵۴/۱	۳۹	۳۲/۹
اردیبهشت	۱۸/۳	۳۰/۳	۲۴/۳	۱۴/۵	۳۸/۳	۲۶/۴	۱/۹
خرداد	۲۲/۹	۳۶/۳	۲۹/۶	۱۲/۳	۲۷/۵	۱۹/۹	۱/۲
تیر	۲۴/۸	۳۸/۲	۳۱/۵	۱۲	۲۷/۸	۱۹/۹	۰
مرداد	۲۳/۵	۳۶/۹	۳۰/۲	۱۰/۶	۲۸/۱	۱۹/۴	۰
شهریور	۲۰/۴	۳۴/۳	۲۷/۴	۱۴/۳	۳۲/۳	۲۳/۳	۰
مهر	۱۳/۸	۲۶/۶	۲۰/۲	۲۰/۳	۴۳/۶	۳۲	۰
آبان	۱۲/۶	۲۳/۴	۱۸	۲۷/۶	۵۴/۶	۴۱/۱	۳
آذر	۴/۹	۱۶/۲	۱۰/۶	۳۱/۹	۶۰/۱	۴۶	۰/۹
دی	۳/۸	۱۵/۲	۹/۵	۳۰	۵۹/۸	۴۴/۹	۰/۱
بهمن	۴/۶	۱۴	۹/۳	۳۳/۸	۶۶/۴	۵۰/۱	۳۴/۴
اسفند	۳/۹	۱۳/۳	۸/۶	۳۷/۴	۷۳/۳	۵۵/۴	۱۵/۱

دهد. از جمله راهکارهای مناسب برای کاهش اثرات کم آبی بر پنبه، استفاده از ارقامی است که در شرایط تنش خشکی ضمن رشد و نمو نسبتاً مطلوب، از حداقل کاهش کمی و کیفی پنبه دانه (وش) برخوردار باشد. به عبارت دیگر، نباید تنها بر روی تحمل تنش در پنبه تمرکز شود، بلکه پایداری عملکرد نیز باید در کنار ایجاد ارقام متحمل به تنش مدنظر قرار گیرد. مشخص شده است که بهبود عملکرد و حفظ ثبات عملکرد محصول پنبه، در شرایط عادی و تنش رطوبتی، برای رشد جمعیت جهانی و همچنین ترغیب کشاورزان منطقه کاشمر و اقلیم‌های مشابه به‌منظور کشت و کار بیشتر این گیاه ارزشمند ضروری است. بنابراین، این تحقیق به‌منظور تعیین پاسخ برخی خصوصیات مورفولوژیک و زراعی توده‌های بومی پنبه تحت شرایط تنش رطوبتی، شناسایی مناسب‌ترین شاخص‌های تحمل تنش و بهره‌گیری از شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی به‌منظور شناسایی و گزینش ارقام پایدار و پرمحصول در شرایط تنش رطوبتی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت دو آزمایش جداگانه یکی تحت تنش رطوبتی و دیگری بدون تنش، طی سال زراعی ۱۴۰۲ در مزرعه ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کاشمر (طول جغرافیایی ′۲۶ و°۵۸ شرقی، عرض جغرافیایی ′۱۳ و°۳۵ شمالی و ارتفاع ۱۰۶۳ متر از سطح دریا) اجرا شد. اطلاعات هواشناسی (دما، رطوبت نسبی و میزان بارندگی) مربوط به منطقه اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. هر آزمایش شامل ۱۹ رقم و توده پنبه دیپلوئید بود که به‌صورت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. مشخصات ارقام و توده‌ها در جدول ۲ آورده شده‌اند. هر کرت شامل ۴ خط با فواصل ۷۰×۲۰ سانتی‌متر و طول ۶ متر بود و ارزیابی ها در سطح بوته و کرت انجام شد.

آماده‌سازی زمین طبق روال معمول ایستگاه و دستورالعمل‌های مربوطه انجام شد. شخم‌های زمستانه و بهاره برای تهیه بستر مناسب کشت در موعد مقرر انجام گرفت. در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

جدول ۲. نام ارقام و توده‌های بومی پنبه

کد	نام ژنوتیپ	
G1	سرخه سمنان	Sorkhe Semnan
G2	آجیه اصفهان	Aajie Esfahan
G3	مروست مهریز	Marvast Mehriz
G4	لاسجرد	Lasjerd
G5	اردکان	Ardakan
G6	بومی‌کرمان غوزه قرمز درشت	Kerman landrace (big red boll)
G7	شهرضا	Shahreza
G8	گمرک بندرعباس	Gomrok (Bandar Abbas)
G9	گرمسار	Garmsar
G10	الیاف رنگی	Colored fibers
G11	بومی‌کرمان	Kerman landrace
G12	جیرفت	Jiroft
G13	کاشمر	Kashmar
G14	انار رفسنجان	Anar Rafsanjan
G15	غوزه قرمز برگ سبز قم	Red boll green leaf (Qom)
G16	کاشان	Kashan
G17	آریا	Aria
G18	غوزه قرمز کاشمر	Kashmar red boll
G19	سبزوار	Sabzevar

فصل بهار، زمین مربوطه با گاوآهن برگردان‌دار شخم و پس از دیسک‌زنی با لولر تسطیح شد. کودهای فسفات آمونیوم (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) براساس آنالیز خاک و همزمان با کشت مصرف شدند. کود اوره در سه مرحله شامل ۲۵ درصد همراه با آبیاری اول، ۳۵ درصد در شروع غنچه‌دهی و ٤٠ درصد در شروع گلدهی مصرف شد. پس از دیسک‌زنی دوم، علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار پاشیده شد و با دیسک به‌طور کامل با خاک مخلوط شد. در نهایت عملیات فاروکشی و کشت آزمایش در نیمه دوم اردیبهشت ماه انجام گرفت. کاشت آزمایش توسط کارگر با الگوی ۲۰ × ۷۰ سانتی‌متر انجام گرفت و در طی فصل رشد و بلافاصله پس از آب اول واکاری انجام شد و تنک کردن در مرحله چهار برگی جهت تأمین سطح سبز کافی انجام شد. علف‌های هرز توسط علف‌کش تریفلورالین، وجین و کولتیواتور کنترل شدند.

قبل از شروع آزمایش، برخی ویژگی‌های خاک (شامل بافت خاک، ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم و ...) در آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی اندازه‌گیری شد. ظرفیت زراعی خاک بر روی سه نمونه خاک و به‌صورت محتوای آب خاک در فشار مکش ۱/۳ بار برآورد شد (۲٦). برای اعمال تنش رطوبتی، تا زمان گلدهی میزان آبیاری و تعداد دفعات آن در هر دو تیمار نرمال و تنش رطوبتی به‌صورت یکسان انجام شد. در زمان شروع اعمال تیمارهای تنش (مرحله

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

جدول ۳ . خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک

اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (قسمت در میلیون)	پتاسیم (قسمت در میلیون)
۸/۱	۲/۲۲	۱۶	۴۶	۳۸	۰/۲۵	۰/۰۴	۶/۴	۱۷۲

۸-۷ برگی)، رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (عمق‌های صفر تا ۲۰ سانتی‌متر، ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شده و مقدار آب آبیاری برای تأمین کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی مزرعه تعیین و سپس در هر دو تیمار اعمال شد. از آبیاری دوم به بعد تنش رطوبتی به‌صورت دو برابر کردن دور آبیاری اجرا شد بدین صورت که در آزمایش بدون تنش، دور آبیاری ۱۰روزه بود درحالی‌که در آزمایش تنش، دور آبیاری دو برابر یعنی ۲۰ روزه در نظر گرفته شد. اعمال تنش تا پایان دوره رشد ادامه داشت. مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۳ آورده شده است.

در نهایت، مجموعه‌ای از صفات مورفولوژیک (ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های رویا، تعداد شاخه‌های زایا، تعداد غوزه باز، تعداد غوزه بسته، و قطر طوقه)، و صفات زراعی (عملکرد چین اول، عملکرد چین دوم، و عملکرد کل) اندازه‌گیری شدند. برای ارزیابی صفات در هر کرت تعداد ۵ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و علامت‌گذاری شده و کلیه یادداشت برداری‌ها بر روی بوته‌های انتخابی صورت گرفت. اندازه‌گیری عملکرد ژنوتیپ‌ها و ارقام پس از حذف اثرات حاشیه از وسط خطوط کشت انجام شد. عملکرد چین اول شامل عملکرد وش هر ژنوتیپ در کرت برداشت شده در چین اول بود. عملکرد چین دوم شامل عملکرد وش هر ژنوتیپ در کرت ۲۰ روز بعد از چین اول بود. عملکرد کل از حاصل جمع عملکرد چین اول و دوم به‌دست آمد.

به‌منظور متمایز کردن ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش رطوبتی، شاخص‌های زیر براساس عملکرد بذر در دو محیط نرمال و تنش رطوبتی از طریق روابط زیر محاسبه شدند:

$$SSI = \frac{1-(Ys/Yp)}{1-(\overline{Ys}/\overline{Yp})} \quad (11) \quad \text{(معادله ۱)}$$

$$RDI = \frac{(Ys/Yp)}{(\overline{Ys}/\overline{Yp})} \quad (42) \quad \text{(معادله ۲)}$$

$$TOL = Yp - Ys \quad (27) \quad \text{(معادله ۳)}$$

$$MP = \frac{Ys + Yp}{2} \quad (27) \quad \text{(معادله ۴)}$$

$$STI = \frac{Ys \times Yp}{\overline{Yp}^2} \quad (10) \quad \text{(معادله ۵)}$$

$$GMP = \sqrt{(Yp)(Ys)} \quad (10) \quad \text{(معادله ۶)}$$

$$YI = \frac{Ys}{\overline{Ys}} \quad (19) \quad \text{(معادله ۷)}$$

$$YSI = \frac{Ys}{Yp} \quad (6) \quad \text{(معادله ۸)}$$

$$DI = Y_S \times (Y_S/Y_P)/\overline{Y_S} \quad (19) \quad \text{(معادله ۹)}$$

$$ATI = \left[(Yp - Ys)/(\overline{Y_P}/\overline{Y_s})\right] \times \left[\sqrt{(Y_p)(Y_S)}\right] \quad (42) \quad \text{(معادله ۱۰)}$$

$$SSPI = \left[(Y_P - Y_S)/2(\overline{Y}_P)\right] \times 100 \quad (42) \quad \text{(معادله ۱۱)}$$

در فرمول‌های فوق Ys، Yp، $\overline{Ys}$، $\overline{Yp}$ به‌ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش، عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش هستند. همچنین MP: شاخص میانگین تولید؛ GMP: شاخص میانگین هندسی تولید؛

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

جدول ٤. تجزیه واریانس صفات زراعی و مورفولوژیک در ۱۹ ژنوتیپ پنبه تحت دو محیط تنش رطوبتی و عدم تنش

منابع تغییر/صفات	درجه آزادی	عملکرد وش	قطر طوقه	ارتفاع بوته	تعداد شاخه رویا	تعداد شاخه زایا	تعداد غوزه باز	تعداد غوزه بسته
محیط رطوبتی	۱	۱۰۰۳٦۱۳۱۹ **	۱۸/۲ **	۲۳۷۱۰۲ **	۱۲/۷ **	٤٥٨٥ **	٤۲۳۷ **	۱۲۷۳ **
تکرار (محیط رطوبتی)	٤	۱۹٤٦۹۲ **	۰/۰٥ n.s	۳۲/٤ n.s	۰/۳۳ n.s	۱۳/۱ n.s	۱٤/٤ n.s	٦/٦۷ n.s
ژنوتیپ	۱۸	۱۲٦۷٤۳٦ **	۰/۱۷ **	۷٤۹ **	۲/۷۰ **	٤٤/۳ *	۷٦/۷ **	٤۷/۱ **
ژنوتیپ×محیط رطوبتی	۱۸	٦۸۳۹۸۷ **	۰/۱۰ **	۲٦۸ **	۱/۳۳ **	۱۸/٥ *	۲٥/۷ **	۱۷/۷ **
خطا	۷۲	۱۷٤۲٥	۰/۰۲	۸۸/۲	۰/٤۲	۱۱/۱	۸/۳۲	۲/٦۸
ضریب تغییرات	–	۲٥/۳	۱۹/٦	۲۰/٤	۳۱/۸	۱۱/۱	۱٥/۸	۲۱/۳

n.s، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

STI: شاخص تحمل تنش؛ TOL: شاخص تحمل؛ SSI: شاخص حساسیت به تنش؛ RDI: شاخص تحمل خشکی نسبی؛ YI: شاخص عملکرد؛ YSI: شاخص پایداری عملکرد؛ DI: شاخص مقاومت به خشکی؛ ATI: شاخص تحمل تنش غیرزیستی؛ و SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش هستند. تجزیه همبستگی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس ماتریس همبستگی و تجزیه بای‌پلات با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS ver. 16، Stat Graphics و STATISTICA ver. 8 انجام شد

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی، مورفولوژیک و فنولوژیک در جدول ٤ ارائه شده است. نتایج نشان داد که محیط رطوبتی بر روی تمامی صفات تأثیر بسیار معنی‌داری ($P < ۰/۰۱$) داشته است. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تمامی صفات تفاوت بسیار معنی‌داری وجود داشت ($P < ۰/۰۱$)، که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالا در بین ژنوتیپ‌های منتخب از نظر صفات مورد مطالعه است و می‌تواند در بهبود انتخاب در برنامه‌های اصلاحی مؤثر باشد. اثرات متقابل بسیار معنی‌دار ژنوتیپ × محیط رطوبتی برای تمام صفات نشان داد که واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های رطوبتی متفاوت بوده است (جدول ٤).

آمار توصیفی صفات مورد مطالعه شامل میانگین، دامنه تغییرات، ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی به تفکیک محیط عدم تنش و تنش رطوبتی در جدول ۵ آورده شده است. میانگین تمام صفات در اثر تنش رطوبتی کاهش نشان داد. دامنه تغییرات صفات در هر دو شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی دارای طیف نسبتاً وسیعی بود که نشان‌دهنده تنوع بالا از نظر صفات مورد نظر در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. به‌طور کلی دامنه تغییرات اکثر صفات در شرایط تنش رطوبتی کمتر بود. به‌عنوان نمونه، صفت عملکرد وش در شرایط عدم تنش دارای دامنه تغییرات بین ۸۸٤ تا ۲٦٥۸ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش رطوبتی دارای دامنه تغییرات ۱٥۸ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی برای بیشتر صفات در شرایط تنش نسبت به محیط عدم تنش بیشتر بود که نشان‌دهنده این است که تنش رطوبتی دامنه تغییرات و تنوع اکثر صفات را افزایش داده است. در هر دو محیط رطوبتی صفات تعداد غوزه بسته و تعداد شاخه رویا بیشترین ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در شرایط عدم تنش، کمترین میزان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

جدول ۵. آمار توصیفی و برآورد ضرایب تنوع فنوتیپی، ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی صفات مورفولوژیک در ۱۹ ژنوتیپ پنبه در دو محیط رطوبتی عدم تنش و تنش رطوبتی

صفات	میانگین		حداقل		حداکثر		ضریب تنوع فنوتیپی (٪)		ضریب تنوع ژنتیکی (٪)		وراثت‌پذیری عمومی (٪)		
	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	کل
عملکرد وش (کیلوگرم در هکتار)	۲۵۳۹	۶۶۲	۱۲۳۸	۲۲۱	۳۷۲۱	۱۴۰۰	۱۵/۰	۱۵/۷	۱۰/۷	۱۰/۷	۵۰/۸	۴۶/۶	۴۶/۰
قطر یقه (سانتی‌متر)	۱/۹۶	۱/۱۶	۱/۳۰	۰/۸۰	۲/۵۰	۱/۶۰	۱۳/۴	۱۵/۱	۱۲/۹	۱۳/۶	۹۲/۳	۸۱/۴	۵۵/۵
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۸۰	۸۸/۷	۱۴۲	۶۰/۰	۲۱۰/۰	۱۲۰	۹/۲۵	۱۴/۴	۸/۸۷	۱۲/۶	۹۲/۱	۷۷/۳	۶۴/۲
تعداد شاخه رویا	۱/۹۶	۱/۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۵/۰۰	۳/۰۰	۴۳/۸	۳۱/۹	۳۷/۵	۲۳/۳	۷۳/۳	۵۳/۳	۶۳/۱
تعداد شاخه زایا	۲۶/۲	۱۳/۵	۱۸/۰	۹/۰۰	۳۵/۰	۱۸/۰	۱۱/۲	۱۴/۴	۸/۶۵	۱۰/۷	۶۰/۱	۵۵/۵	۵۸/۲
تعداد غوزه باز	۲۰/۵	۸/۳۲	۱۱/۰	۴/۰۰	۳۷/۰	۱۴/۰	۲۵/۴	۱۸/۵	۲۳/۰	۱۵/۵	۸۲/۲	۷۰/۲	۶۶/۵
تعداد غوزه بسته	۷/۳۹	۰/۷۰	۳/۰۰	۰/۰۰	۲۰/۰	۴/۰۰	۴۴/۷	۷۹/۵	۴۱/۱	۶۷/۷	۸۴/۴	۷۲/۶	۶۲/۵

ضریب تغییرات فنوتیپی مربوط به صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا بود. از نظر ضریب تنوع ژنتیکی نیز صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا دارای کمترین مقادیر بودند (جدول ۵). در شرایط تنش کمترین میزان ضرایب تنوع فنوتیپی مربوط به صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه زایا بود؛ درحالی‌که از نظر ضریب تنوع ژنتیکی صفات عملکرد وش و تعداد شاخه زایا دارای کمترین مقادیر بودند (جدول ۵). به‌طور کلی از تنوع ژنتیکی بالای موجود در صفات مختلف می‌توان در طراحی و اجرای برنامه‌های اصلاحی پیشرفته‌تر استفاده کرد (۲۸).

ضرایب تنوع فنوتیپی برای تمامی صفات مورد مطالعه از ضرایب تنوع ژنتیکی بزرگ‌تر بودند. ضریب تنوع ژنتیکی در شرایط عدم تنش از ۸/٦ برای صفت تعداد شاخه زایا تا ٤١/١ برای صفت تعداد غوزه بسته و در شرایط تنش از ۱۰/۷ برای صفات عملکرد وش و تعداد شاخه زایا تا ٦١/٧ برای تعداد غوزه بسته متغیر بود. مقادیر بالای ضریب تنوع ژنتیکی برای یک صفت نشان‌دهنده امکان بهبود آن صفت در برنامه‌های اصلاحی است. ضریب تنوع فنوتیپی در شرایط عدم تنش دامنه‌ای از ۹/۳ برای صفت ارتفاع بوته تا ٤٤/٧ برای تعداد غوزه بسته و در شرایط تنش از ١٤/٤ برای ارتفاع بوته تا ۷۹/۵ برای صفت تعداد غوزه بسته داشت. تفاوت‌های کوچک بین مقادیر ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی نشان‌دهنده اثر کم محیط بر روی صفات است. کمترین تفاوت بین این دو ضریب برای صفات ارتفاع بوته و قطر یقه مشاهده شد که بیانگر این است که با انتخاب برای این صفات در برنامه‌های اصلاحی بازدهی بیشتری حاصل می‌شود.

تخمین وراثت‌پذیری و عمل ژن صفات مختلف واریانس ژنتیکی در دسترس را نشان می‌دهد و به‌منظور تولید واریته‌های جدید ضروری است. وراثت‌پذیری برای یک صفت محاسبه پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار آن صفت را امکان‌پذیر می‌سازد و بدین ترتیب اساس برنامه‌های اصلاحی مؤثر در جهت دستیابی به حداکثر پیشرفت ژنتیکی را مهیا می‌سازد (۳۸). در بین صفات مورد مطالعه صفات تعداد غوزه باز و ارتفاع بوته بیشترین مقادیر وراثت‌پذیری عمومی کل را به خود اختصاص دادند. عملکرد وش کمترین مقادیر وراثت‌پذیری عمومی کل را دارا بود (جدول ۵)، که بیانگر این است که بروز این صفت تا حدود زیادی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار دارد و احتمالاً سودمندی انتخاب غیرمستقیم از طریق اجزای عملکرد دارای وراثت‌پذیری بالا بیشتر خواهد بود. بلوم (۵) گزارش کرد که انتخاب غیرمستقیم به‌وسیله اجزای عملکرد و سایر صفات می‌تواند مؤثرتر از انتخاب مستقیم برای عملکرد باشد؛ مشروط بر آن که وراثت‌پذیری آن صفات بیشتر از وراثت‌پذیری عملکرد باشد و همبستگی بالایی با عملکرد داشته باشند. بنابراین تعیین ارتباط بین عملکرد و صفات وابسته به آن می‌تواند به انتخاب غیرمستقیم تحت شرایط نرمال و تنش رطوبتی کمک کند.

مقایسه میانگین صفات در دو تیمار مورد بررسی نشان داد که تنش رطوبتی میانگین کلیه صفات مورد بررسی را کاهش داد. به‌عنوان مثال، صفت ارتفاع بوته در شرایط تنش به میزان ۵۱ درصد نسبت به شرایط عدم تنش کاهش یافت. صفت عملکرد نیز در شرایط مشابه به میزان ٧٤ درصد کاهش یافت (جدول ۵). نتایج مشابهی در مورد سایر صفات به‌دست آمد که با نتایج سعیدنیا و نجار (۳۰) و مهرآبادی و همکاران (۱۷) مطابقت دارد. مهرآبادی و همکاران (۱۸) طی تحقیقی نشان دادند که کاهش آب مورد نیاز پنبه در کل دوره رشد، بیشترین تأثیر را بر رشد رویشی پنبه می‌گذارد، به‌طوری که با کاهش آب مورد نیاز پنبه به ۳۳ و ٦٦ درصد نیاز آبی گیاه در مزرعه، ارتفاع بوته به‌طور معنی‌دار کاهش پیدا کرد. کاهش عملکرد ارقام مختلف در اثر تنش رطوبتی در شرایط پنبه کاری پاکستان نیز گزارش شد. در این پژوهش مشاهد شد که تنش رطوبتی تعداد غوزه در بوته، وزن غوزه و عملکرد را کاهش می‌دهد (۳٦). عدم وجود رطوبت کافی در خاک در آغاز رشد گیاهچه‌های پنبه (قبل از گلدهی) منجر به کاهش تولید فرآورده‌های فتوسنتزی برای غوزه‌ها شده و نهایتاً باعث کاهش عملکرد کل گیاه می‌شود (٤، ۲۱ و ۳۱).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

میانگین داده‌های مربوط به عملکرد و شاخص‌های تحمل تنش ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ٦ آورده شده‌اند. برآوردهای شاخص‌های تحمل تنش نشان می‌دهند که تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل به تنش بر اساس تنها یک معیار منفرد، ممکن است نتیجه‌ای متناقض با سایر شاخص‌ها داشته باشد. به‌عنوان مثال براساس شاخص‌های GMP و STI ژنوتیپ‌های سرخه سمنان و شهرضا دارای بیشترین تحمل تنش بودند. کم‌ترین مقادیر شاخص‌های مذکور مربوط به ژنوتیپ‌های غوزه قرمز درشت کرمان، لاسجرد و جیرفت بود. براساس شاخص‌های SSI و TOL ژنوتیپ مطلوب، رقم گمرک بندر عباس بود. بهترین ژنوتیپ‌ها براساس شاخص YI سرخه سمنان و غوزه قرمز کاشمر بودند درحالی‌که ارقام غوزه قرمز درشت کرمان و غوزه قرمز برگ سبز قم از نظر این شاخص نامطلوب بودند.

بر مبنای شاخص‌های YSI، RDI، SSPI و DI رقم سرخه سمنان به‌عنوان ژنوتیپ محتمل شناسایی شد. شاخص ATI ارقام غوزه قرمز درشت کرمان و جیرفت را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ارقام شهرضا و کاشان را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس گزینش نمود. در پژوهش دیگری برای غربال‌گری ۲۰ لاین گندم دوروم از نظر تحمل خشکی، از ۱۵ شاخص تحمل تنش استفاده نمودند، نتایج آنها با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (۱۹) و محققان نشان دادند ارقامی با شاخص YSI بالاتر، حداقل عملکرد را در شرایط عدم تنش و بالاترین عملکرد را در شرایط تنش داشتند (٤٢). همچنین محققان گزارش کردند که STI می‌تواند به‌عنوان یک شاخص قابل اعتماد برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در نظر گرفته شود (۳، ۱۵ و ۲۲).

تحمل از دیدگاه اکولوژی و اصلاح نباتات متفاوت است؛ به‌طوری که از نظر اصلاح نباتات اگر چه توانایی حفظ بقاء و واکنش‌پذیری کم در هنگام وقوع تنش اهمیت دارد، عملکرد مطلوب معیار اصلی انتخاب است. شاخص SSI دارای محدودیت‌هایی در بررسی ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط تنش می‌باشد، زیرا این شاخص براساس کاهش کمتر عملکرد در محیط‌های تنش در مقایسه با محیط‌های بدون تنش است و پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر محیط را در نظر نمی‌گیرد (۱۰). شاخص TOL نیز به نوعی بیانگر تغییر حاصل از اعمال تنش است؛ به عبارت دیگر ارقامی که دارای شاخص TOL کمتری هستند، در محیط تنش تغییر کمتری از خود نشان می‌دهند و لذا متحمل‌تر هستند. با این حال تنها پایین بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL برای یک ژنوتیپ به‌منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش نیست، زیرا ممکن است ژنوتیپ‌هایی یافت شوند که دارای حساسیت پایین به خشکی باشند ولی از عملکرد پایین در هر دو شرایط نیز برخوردار باشند (۹). از طرف دیگر ممکن است ژنوتیپ‌هایی دارای حساسیت بالا به خشکی باشند، ولی به علت عملکرد بالا در شرایط عدم تنش، با وجود کاهش عملکرد زیاد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، همچنان در شرایط تنش دارای بیشترین عملکرد باشند. لذا این شاخص نیز پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر محیط را در نظر نمی‌گیرد. سورنینیا و همکاران (۳۷) گزارش کردند که بر اساس شاخص SSI ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد پایین انتخاب می‌شوند و بهتر است از این شاخص در حذف ارقام حساس استفاده شود. ابراهیمیان و همکاران (۹) نیز گزارش کردند که شاخص‌های SSI و TOL قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل با عملکرد بالا در فسکیوی بلند نیستند، اما بر اساس شاخص‌های GMP و STI می‌توان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل به تنش را شناسایی کرد. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که شاخص‌های SSI و TOL ارقام را فقط بر مبنای تحمل و حساسیت به تنش محیطی و بدون توجه به عملکرد آنها طبقه‌بندی می‌کنند.

عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های MP، TOL، SSPI، ATI، YI، STI و GMP داشت. درشرایط تنش رطوبتی، عملکرد (Ys) همبستگی مثبت و معنی‌داری با تمام شاخص‌ها به‌جز شاخص‌های SSI، TOL و SSPI داشت. همبستگی Ys با شاخص SSI منفی و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

جدول ٦. مقادیر شاخص‌های مختلف تحمل تنش و رتبه آنها

کد	نام ژنوتیپ	YP	R	YS	R	TOL	R	MP	R	GMP	R	STI	R	SSI	R	RDI	R	YI	R	YSI	R	DI	R	ATI	R	SSPI	R
G1	سرخه سمنان	٣/٤٠	٢	١/٢٦	١	٢/١٤	١٠	٢/٣٣	١	٢/٠٧	١	٠/٦٧	١	٠/٨٥	٤	١/٤٢	٤	١/٩٠	١	٠/٣٧	٣	٠/٧١	٢	١/١٦	١٧	٤٢/٣	١٠
G2	آجیه اصفهان	١/٧٠	١٧	٠/٥٩	١٠	١/١١	٣	١/١٤	١٥	١/٠٠	١٣	٠/١٦	١٣	٠/٨٩	٥	١/٣٢	٥	٠/٨٩	٥	٠/٣٥	١٠	٠/٣١	١٠	٠/٢٩	٣	٢١/٩	٣
G3	مروست مهریز	١/٨٠	١٤	٠/٤١	١٤	١/٤٠	٦	١/١١	١٦	٠/٨٦	١٥	٠/١٢	١٥	١/٠٥	١٢	٠/٨٦	١٢	٠/٦١	١٤	٠/٢٣	١٢	٠/١٤	١٣	٠/٣١	٦	٢٧/٧	٦
G4	لاسجرد	١/٨٠	١٥	٠/٣	١٦	١/٤٥	٧	١/٠٨	١٧	٠/٨٠	١٨	٠/١٠	١٧	١/٠٩	١٤	٠/٧٤	١٤	٠/٥٣	١٦	٠/٢٠	١٤	٠/١٠	١٥	٠/٣٩	٥	٢٨/٧	٧
G5	اردکان	١/٨٤	١٣	٠/٦٨	٩	١/١٦	٤	١/٢٦	١٤	١/١٢	١٢	٠/٢٠	١٢	٠/٨٥	٣	١/٤٢	٣	١/٠٣	٣	٠/٣٧	٩	٠/٣٨	٤	٠/٣٤	٧	٢٢/٩	٤
G6	بومی‌کرمان غوزه قرمز درشت	١/٣٢	١٩	٠/٢٦	١٨	١/٠٦	٢	٠/٧٩	١٩	٠/٥٩	١٩	٠/٠٥	١٩	١/٠٩	١٣	٠/٧٥	١٣	٠/٣٩	١٨	٠/٢٠	١٣	٠/٠٨	١٧	٠/١٦	١	٢١/٠	٢
G7	شهرضا	٣/٤٠	٣	١/١٦	٣	٢/٢٣	١٢	٢/٢٨	٢	١/٩٩	٢	٠/٦٢	٢	٠/٨٩	٦	١/٣١	٦	١/٧٦	٦	٠/٤٣	٦	٠/٦٠	٤	١/١٦	١٨	٤٤/٢	١٢
G8	گمرک بندرعباس	١/٧٩	١٦	٠/٩٤	٤	٠/٨٦	١	١/٣٧	١٣	١/٣٠	٩	٠/٢٦	٩	٠/٦٥	١	٢/٠٠	١	١/٤٢	٤	٠/٥٢	١	٠/٧٤	١	٠/٢٩	٤	١٦/٩	١
G9	گرمسار	٢/٩٩	٨	٠/٥٨	١١	٢/٤١	١٧	١/٧٩	٨	١/٣٢	٧	٠/٢٧	٧	١/٠٩	١٥	٠/٧٤	١٥	٠/٨٨	١١	٠/٢٠	١٥	٠/١٧	١١	٠/٨٣	١٢	٤٧/٧	١٧
G10	الیاف رنگی	٢/٥٧	١٠	٠/٢٩	١٧	٢/٢٨	١٥	١/٤٣	١١	٠/٨٦	١٤	٠/١٢	١٤	١/٢٠	١٨	٠/٤٣	١٨	٠/٤٤	١٧	٠/١١	١٨	٠/٠٥	١٨	٠/٥٢	٩	٤٥/١	١٥
G11	بومی‌کرمان	٢/٧٥	٩	٠/٥١	١٢	٢/٢٣	١٣	١/٦٣	٩	١/١٨	١١	٠/٢٢	١١	١/١٠	١٦	٠/٧١	١٦	٠/٧٧	١٢	٠/١٩	١٦	٠/١٤	١٢	٠/٦٩	١١	٤٤/٢	١٣
G12	جیرفت	١/٦٧	١٨	٠/٣٨	١٥	١/٢٩	٥	١/٠٣	١٨	٠/٨٠	١٧	٠/١٠	١٨	١/٠٥	١١	٠/٨٧	١١	٠/٥٨	١٥	٠/٢٣	١١	٠/١٣	١٤	٠/٢٧	٢	٢٥/٥	٥
G13	کاشمر	٢/٣٩	١٢	٠/٧١	٨	١/٦٨	٩	١/٥٥	١٠	١/٣٠	٨	٠/٢٧	٨	٠/٩٥	٨	١/١٣	٨	١/٠٧	٨	٠/٣٠	٧	٠/٣٢	٧	٠/٥٧	١٠	٣٣/٣	٨
G14	انار رفسنجان	٣/٣٠	٤	٠/٤٣	١٣	٢/٨٦	١٩	١/٨٦	٦	١/١٩	١٠	٠/٢٢	١٠	١/١٨	١٧	٠/٥٠	١٧	٠/٦٥	١٣	٠/١٣	١٧	٠/٠٩	١٦	٠/٩٠	١٣	٥٦/٧	١٩
G15	غوزه قرمز برگ سبز قم	٢/٥١	١١	٠/٢٥	١٩	٢/٢٦	١٤	١/٣٨	١٢	٠/٨٠	١٦	٠/١٠	١٦	١/٢٢	١٩	٠/٣٩	١٩	٠/٣٩	١٩	٠/١٠	١٩	٠/٠٤	١٩	٠/٤٧	٨	٤٤/٧	١٤
G16	کاشان	٣/٤٦	١	٠/٨٥	٦	٢/٦١	١٨	٢/١٥	٤	١/٧١	٤	٠/٤٦	٤	١/٠٢	١٠	٠/٩٣	١٠	١/٢٨	٦	٠/٢٥	١٠	٠/٣١	٩	١/١٧	١٩	٥١/٧	١٨
G17	آریا	٣/١١	٧	٠/٨١	٧	٢/٣٠	١٦	١/٩٦	٦	١/٥٨	٦	٠/٣٩	٦	١/٠٠	٩	٠/٩٩	٩	١/٢٢	٧	٠/٢٦	٩	٠/٣٢	٨	٠/٩٥	١٤	٤٥/٥	١٦
G18	غوزه قرمز کاشمر	٣/١٢	٥	١/٢٠	٢	١/٩٢	٨	٢/١٦	٣	١/٩٣	٣	٠/٥٨	٣	٠/٨٤	٢	١/٤٦	٢	١/٨١	٢	٠/٣٨	٢	٠/٧٠	٣	٠/٩٧	١٥	٣٨/٠	٩
G19	سبزوار	٣/١٢	٦	٠/٩٢	٥	٢/١٩	١١	٢/٠٢	٥	١/٧٠	٥	٠/٤٥	٥	٠/٩٥	٧	١/١٣	٧	١/٤٠	٥	٠/٣٠	٨	٠/٤١	٥	٠/٩٨	١٦	٤٣/٤	١١

R: رتبه ژنوتیپ، $\overline{R}$: میانگین رتبه‌های مربوط به هر ژنوتیپ، SDR: انحراف معیار رتبه‌های هر ژنوتیپ.

YP: عملکرد در شرایط نرمال؛ YS: عملکرد در شرایط تنش؛ MP: شاخص میانگین تولید؛ GMP: شاخص میانگین هندسی تولید؛ STI: شاخص تحمل تنش؛ TOL: شاخص تحمل؛ SSI: شاخص حساسیت به تنش؛ RDI: شاخص تحمل خشکی نسبی؛ YI: شاخص عملکرد؛ YSI: شاخص پایداری عملکرد؛ DI: شاخص مقاومت به خشکی؛ ATI: شاخص تحمل تنش غیرزیستی؛ SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش

جدول ۷. ضرایب همبستگی شاخص‌های تحمل خشکی

	YP	YS	MP	GMP	STI	TOL	SSI	RDI	YI	YSI	DI	ATI
YS	۰/۵۸**											
MP	۰/۹۶**	۰/۷۸**										
GMP	۰/۸۰**	۰/۹۴**	۰/۹۳**									
STI	۰/۷۸**	۰/۹۴**	۰/۹۲**	۰/۹۸**								
TOL	۰/۸۹**	−۰/۱۵	۰/۷۳**	۰/۴۵*	۰/۴۲*							
SSI	۰/۰۵	−۰/۷۶**	−۰/۲۲	−۰/۵۲*	−۰/۵۱*	۰/۴۸*						
RDI	−۰/۰۵	۰/۷۶**	۰/۲۲	۰/۵۲*	۰/۵۱*	−۰/۴۸*	−۱/۰**					
YI	۰/۵۷**	۱/۰**	۰/۷۸**	۰/۹۴**	۰/۶۷**	۰/۱۵	−۰/۷۶**	۰/۷۶**				
YSI	−۰/۰۵	۰/۷۶**	۰/۲۲	۰/۵۲*	۰/۹۴**	−۰/۴۸*	−۱/۰**	۱/۰**	۰/۷۶**			
DI	۰/۳۲	۰/۹۴**	۰/۵۷**	۰/۷۸**	۰/۷۹**	−۰/۱۳	−۰/۹۱**	۰/۹۱**	۰/۹۴**	۰/۹۱**		
ATI	۰/۹۷**	۰/۶۹**	۰/۹۸**	۰/۸۸**	۰/۸۷**	۰/۷۹**	−۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۶۹**	۰/۰۹	۰/۴۳	
SSPI	۰/۸۹**	۰/۱۵	۰/۷۳**	۰/۴۵*	۰/۴۳	۱/۰**	۰/۴۸*	−۰/۴۸*	۰/۱۵	−۰/۴۸*	−۰/۱۳	۰/۷۹**

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

YP: عملکرد در شرایط نرمال؛ YS: عملکرد در شرایط تنش؛ MP: شاخص میانگین تولید؛ GMP: شاخص میانگین هندسی تولید؛ STI: شاخص تحمل تنش؛ TOL: شاخص تحمل؛ SSI: شاخص حساسیت به تنش؛ RDI: شاخص تحمل خشکی نسبی؛ YI: شاخص عملکرد؛ YSI: شاخص پایداری عملکرد؛ DI: شاخص مقاومت به خشکی؛ ATI: شاخص تحمل تنش غیرزیستی؛ SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش.

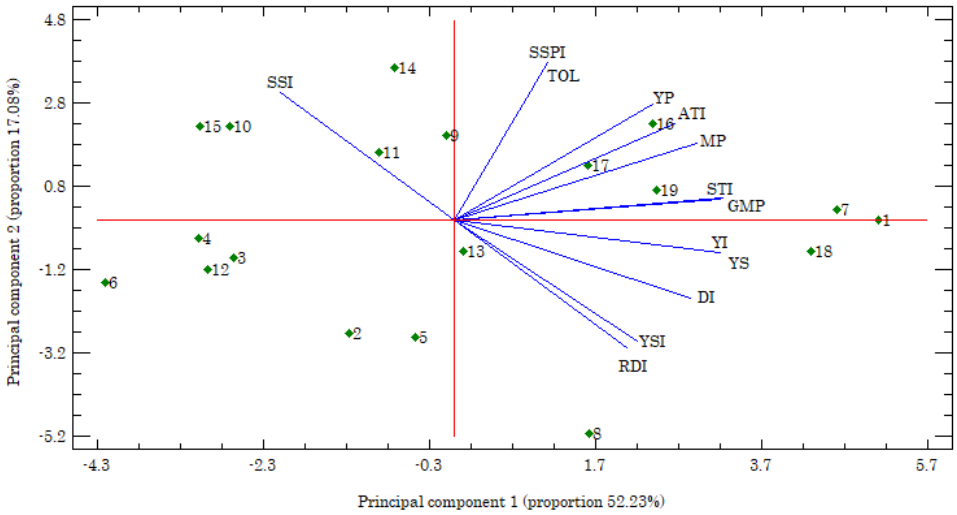
معنی‌دار بود. بر این اساس شاخص‌های MP، GMP، STI، YI و ATI تنها شاخص‌هایی بودند که همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد وش در دو شرایط تنش رطوبتی و بدون تنش داشتند (جدول ۷) و قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های برتر بودند. لذا این شاخص‌ها به‌عنوان بهترین شاخص‌ها در تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش رطوبتی در پنبه شناسایی شدند.

روابط بین شاخص‌های مختلف به‌طور گرافیکی در یک بای‌پلات PC2 و PC1 نمایش داده شد (شکل۱). مؤلفه‌های اول و دوم ۶۹/۳ درصد تنوع بین شاخص‌ها را توجیه کردند و شاخص‌ها را به گروه‌های مختلف تفکیک نمودند. یک تفسیر جالب بای‌پلات این است که کسینوس زاویه بین بردارهای دو شاخص ضریب همبستگی بین آنها را برآورد می‌کند. کسینوس زاویه‌ها دقیقاً ترجمه ضرایب همبستگی نیست. به این دلیل که بای‌پلات همه تنوع موجود در یک مجموعه داده را توضیح نمی‌دهد. با وجود این، زاویه‌ها از این نظر که یک تصویر کلی از روابط میان شاخص‌های تنش ارائه می‌دهند، مفید می‌باشند (۳۹).

با استفاده از بای‌پلات ژنوتیپ‌ها (شکل۱)، ژنوتیپ‌های۷ (شهرضا)، ۱ (سرخه سمنان) و ۱۸ (غوزه قرمز کاشمر) متحمل و ژنوتیپ‌های ۱۰ (الیاف رنگی) و ۱۵ (غوزه قرمز برگ سبز قم) حساس به تنش رطوبتی تشخیص داده شدند. همبستگی مثبت بین شاخص TOL و عملکرد محیط بدون تنش (YP) و همبستگی منفی بین شاخص TOL و عملکرد تحت تنش (Ys) بیانگر این است که گزینش براساس شاخص TOL منجر به کاهش عملکرد تحت شرایط نرمال خواهد شد. گزینش براساس حداقل کاهش عملکرد تحت شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب (شاخص TOL)، منجر به عدم شناسایی بهترین

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]



شکل ۱. بای پلات مربوط به اولین و دومین مؤلفه اصلی ژنوتیپ‌های مورد بررسی

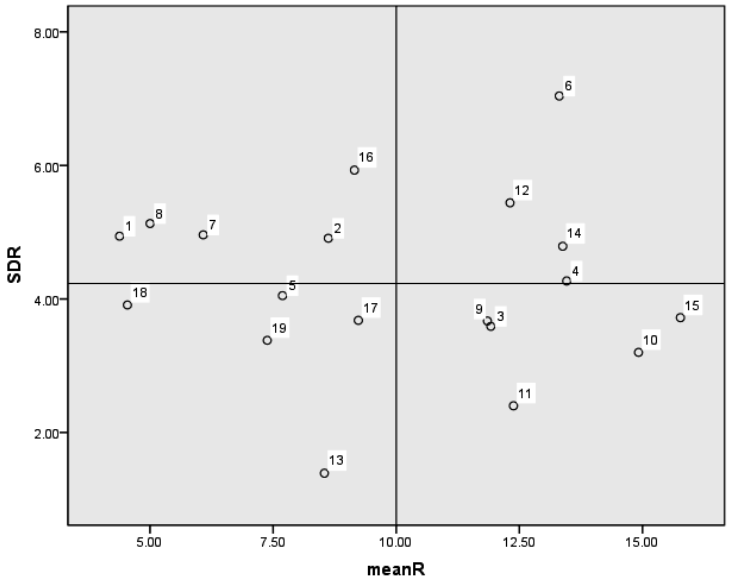
YP: عملکرد در شرایط نرمال؛ YS: عملکرد در شرایط تنش؛ MP: شاخص میانگین تولید؛ GMP: شاخص میانگین هندسی تولید؛ STI: شاخص تحمل تنش؛ TOL: شاخص تحمل؛ SSI: شاخص حساسیت به تنش؛ RDI: شاخص تحمل خشکی نسبی؛ YI: شاخص عملکرد؛ YSI: شاخص پایداری عملکرد؛ DI: شاخص مقاومت به خشکی؛ ATI: شاخص تحمل تنش غیرزیستی؛ SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش.

ژنوتیپ‌ها شد (۲). انتخاب براساس میانگین دو محیط (شاخص MP) درصورتی‌که واریانس ژنتیکی در شرایط تنش کمتر از بدون تنش و همچنین همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش مثبت باشد، موجب انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالایی در هر دو محیط دارند (۲۷).

شاخص GMP نسبت به شاخص MP در جداسازی گروه A قدرتمندتر است و حساسیت کمتری به مقادیر مختلف Yp و Ys دارد. هرچه مقدار شاخص GMP بیشتر باشد، درجه تحمل نسبی بیشتر است. شاخص STI بالا تحمل بالا را نشان می‌دهد و بهترین مزیت شاخص STI توانایی آن در جداسازی ژنوتیپ‌های گروه A ازسایر گروه‌ها است. شاخص SSI با عملکرد تحت شرایط تنش رطوبتی همبستگی منفی نشان داد. ارقام با عملکرد بالا تحت تنش رطوبتی از عملکرد پایینی تحت شرایط بدون تنش برخوردار بودند و پایین‌ترین شاخص SSI را نشان دادند. شاخص SSI به نوعی حاکی از تغییرات عملکرد درشرایط عادی و تنش بوده و به عبارت دیگر، ژنوتیپ‌هایی که دارای شاخص SSI کم‌تر می‌باشند، تغییرات کمتر یا ثبات بیشتری در تغییر شرایط تنش به عدم تنش و بالعکس از لحاظ عملکرد دارند. در حقیقت یکی از معیارهای پایداری، واریانس است و به اعتقاد محققین ژنوتیپ با عملکرد مناسب تحت شرایط مطلوب، عملکرد مطلوبی نیز در شرایط کمتر مساعد باید داشته باشد تا به‌عنوان یک رقم اصلاح شده برای شرایط تنش در نظر گرفته شود و به عبارت دیگر واریانس یا تغییرات عملکرد آن باید پایین باشد (۲ و ۲۹).

شاخص YI همبستگی بسیار معنی‌داری با عملکرد تحت تنش رطوبتی داشت. این شاخص ارقام را فقط براساس عملکردشان تحت تنش رتبه‌بندی می‌کند بنابراین قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A نیست. شاخص YSI، عملکرد تحت تنش یک رقم را نسبت به عملکرد بدون تنش آن ارزیابی می‌کند. بنابراین انتظار می‌رود ارقام دارای مقادیر بالای شاخص YSI از عملکرد بالایی تحت هردو شرایط تنش و بدون تنش برخوردار باشند. با وجود این در مطالعه حاضر، ارقام با بیشترین شاخص YSI، عملکرد پایین در شرایط بدون تنش و عملکرد بالا تحت شرایط تنش را نشان دادند (جدول ٦).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]
[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]



شکل ۲. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس میانگین و انحراف معیار رتبه شاخص‌های تنش

۱- سرخه، سمنان؛ ۲- آجیه، اصفهان؛ ۳- مروست، مهریز؛ ٤- لاسجرد؛ ٥- اردکان؛ ٦- بومی کرمان غوزه درشت قرمز؛ ۷- شهرضا؛ ۸- گمرک بندرعباس؛ ۹- گرمسار؛ ۱۰- الیاف رنگی؛ ۱۱- بومی کرمان؛ ۱۲- جیرفت؛ ۱۳- کاشمر؛ ١٤- انار رفسنجان؛ ١٥- غوزه قرمز برگ سبز قم؛ ١٦- کاشان؛ ۱۷- آریا؛ ۱۸- غوزه قرمز کاشمر؛ ۱۹- سبزوار.

دو شاخص ATI و SSPI نشان‌دهنده تحمل نسبی یک رقم به تنش هستند. ماهیت شاخص‌های ATI و SSPI طوری است که آنها به ساز و کارهای بقای گیاه زراعی در شرایط تنش متکی هستند، هرچند که این ژنوتیپ‌ها می‌توانند هریک از دو عملکرد بالا یا پایین را در هر دو شرایط داشته باشند، بنابراین آنها همبستگی مثبت و معنی‌داری با Yp نشان داده‌اند (جدول ۷). در حقیقت، این امر بیانگر پایداری نسبی عملکرد با تغییر شرایط بوده و مقادیر پایین‌تر شاخص‌های ATI وSSP، تحمل نسبی بیشتر گیاه زراعی را نشان می‌دهند. با وجود این شاخص‌های ATI و SSPI از همبستگی بالایی با یکدیگر برخوردارند و هر دوی این‌ها ژنوتیپ‌های گروه C را گزینش می‌کنند ولی شاخص ATI درمقایسه با شاخص‌های SSI، SSPI و TOL تأکید بیشتری روی Yp دارد. هر چند در پژوهش حاضر شاخص ATI با عملکرد در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. شاخص ATI یا SSPI ژنوتیپ‌ها را براساس پایداری عملکرد انتخاب می‌کنند.

جهت تعیین ژنوتیپ متحمل مناسب براساس تمام شاخص‌ها، میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه‌های همه شاخص‌های تحمل تنش محاسبه شدند. با در نظر گرفتن تمام شاخص‌ها، ژنوتیپ‌های ۷ (شهرضا)، ۱ (سرخه سمنان)، ۱۸ (غوزه قرمز کاشمر) و ۸ (گمرک بندر عباس) متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش رطوبتی و ژنوتیپ‌های ۱۰ (الیاف رنگی) و ۱۵ (غوزه قرمز برگ سبز قم) حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش رطوبتی بودند (شکل ۲).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج، تنوع بالایی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات و شاخص‌های مورد بررسی وجود داشت که از این تنوع می‌توان در برنامه‌های اصلاحی به‌ویژه ایجاد ارقام متحمل به خشکی استفاده نمود. تنش رطوبتی بر روی اکثر صفات مورد مطالعه تأثیر بسیار معنی‌داری داشت و میانگین صفات را کاهش داد. وراثت‌پذیری پایین عملکرد وش نشان‌دهنده این است که

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

انتخاب غیرمستقیم براساس اجزای عملکرد که وراثت‌پذیری نسبتاً بالایی دارند و از همبستگی بالایی با عملکرد برخوردار هستند، مؤثر می‌باشد. شاخص‌های MP، GMP، STI، YI و ATI همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد وش در دو شرایط تنش رطوبتی و بدون تنش داشتند. بنابراین این شاخص‌ها به‌عنوان شاخص‌های مطلوب در شناسایی ارقام متحمل به تنش رطوبتی پنبه شناخته شدند و لذا می‌توان از آنها برای گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب و متحمل استفاده نمود. در این آزمایش، ژنوتیپ‌های شهرضا، سرخه سمنان و غوزه قرمز کاشمر متحمل و ژنوتیپ‌های غوزه قرمز برگ سبز قم و الیاف رنگی حساس به تنش رطوبتی تشخیص داده شدند. از آنجایی که این مطالعه به مدت یک سال و تنها در یک منطقه اجرا شده است، لذا نتایج به‌دست آمده بایستی در سال‌های آتی و در مناطق دیگر نیز مورد ارزیابی قرار گیرد و پس از تأیید نتایج، تلاقی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش رطوبتی می‌تواند به‌منظور ایجاد جمعیت‌های ژنتیکی برای مطالعات اصلاحی در زمینه تحمل تنش رطوبتی در پنبه و همچنین شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از پرسنل محترم ایستگاه تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کاشمر به‌دلیل همکاری صمیمانه در اجرای آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Abdelraheem, A., N. Adams and J. Zhang. 2020. Effects of drought on agronomic and fiber quality in an introgressed backcross inbred line population of Upland cotton under field conditions. *Field Crops Research* 254: 107850.
2. Abtahi, M., M. M. Majidi, F. Saeidnia, S. Bahrami and A. Mirlohi. 2019. Genetic and physiological aspects of drought tolerance in smooth bromegrass. *Crop Science* 59: 2601-2607.
3. Amini, A., R. Amirnia and H. A. Ghazvini. 2015. Evaluation of salinity tolerance in breed wheat genotypes under field conditions. *Seed and Plant Improvement Journal* 31(1): 95-115. (In Farsi).
4. Barzali, M., O. Alishah and M. Mali. 2016. Evaluation of drought stress effects on some seed germination and seedling growth characteristics in Tetraploid cultivars and domestic masses (Diploid) of cotton. *Iranian Journal of Cotton Researches* 4(1): 27-46. (In Farsi).
5. Blum, A. 2011. Plant Breeding for Water-Limited Environments. Springer, New York.
6. Bouslama, M. and W. T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24: 933-937.
7. Calhon, D. S. A., G. Miranda, S. Gebeyehu, B. Rajram and M. Van-Ginkel. 1995. Choosing evaluation environments to increase wheat grain yield under drought conditions. *Crop Science* 34: 673-678.
8. Cortés, A. J. 2024. Abiotic stress tolerance boosted by genetic diversity in plants. *International Journal of Molecular Science* 25(10): 5367.
9. Ebrahimiyan, M., M. M. Majidi, A. Mirlohi and M. Gheysari. 2012. Drought-tolerance indices in a tall fescue population and its polycross progenies. *Crop and Pasture Science* 63: 360-369.
10. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. pp. 257-270. In: C. G. Kuo (ed.), Proceeding of The International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Public Tainan, Taiwan.
11. Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-912.
12. Gustafson, D. I. 2011. Climate change: a crop protection challenge for the twenty first century. *Pest Management Science* 67(6): 691-696.
13. Kamali, A., B. A. Fakheri and M. Zabet. 2015. The study of drought stress effects on yield and yield components of cotton using biplot analysis. *Iranian Journal of Cotton Research* 3(1): 33-47. (In Farsi).
14. Mahmood, U., Y. Fan, S. Wei, Y. Niu, Y. Li, H. Huang, Y. Chen, Z. Tang, L. Liu, C. Qu and K. Zhang. 2021. Comprehensive analysis of polygalacturonase genes offers new insights into their origin and functional evolution in land plants. *Genomics* 113(1): 1096-1108.
15. Majidi, M. M., V. Tavakoli, A. Mirlohi and M. R. Sabzalian. 2011. Wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus* Bieb.): A possible source of drought tolerance for arid environments. *Australian Journal of Crop Science* 5: 1055-1063.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]
[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

16. Mehmood, H. Z., A. Abbas, S. Hassan and R. Ullah. 2022. Socioeconomic, farm, and information variables influencing farmer's decision to adopt a sustainable way of cotton production. *International Journal of Agricultural Extension* 10(1): 149-159.
17. Mehrabadi, H. R., A. Nezami, M. Kafi and M. Ahmadifard. 2016. Survey of the effect of different irrigation levels on yield and yield components of sensitive and tolerant cotton cultivars. *Journal of Water and Soil* 30(5): 1415-1425. (In Farsi).
18. Mehrabadi, H. R., A. Nezami, M. Kafi and M. R. Ramezani moghadam. 2015. Yield, yield components, correlation coefficients and path analysis of cotton cultivars under drought stress. *Journal of Crop Production and Processing* 5(17): 217-228. (In Farsi).
19. Mohammadnia, Sh., A. Asghari, O. Sofalian, H. Mohammaddoust Chamanabad, R. Karimizadeh and A. A. Shokouhian. 2015. Evaluation of durum wheat lines using drought stress indices. *Journal of Crop Breeding* 8(20): 11-23. (In Farsi).
20. Naseer, M. A., Z. Nengyan, I. Ejaz, S. Hussain, M. A. Asghar, M. Farooq, Q. Rui, A. Ullah, C. Xiaoli and R. Xiaolong. 2023. Physiological mechanisms of grain yield loss under combined drought and shading stress at the post-silking stage in maize. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 23(1): 1125-1137.
21. Niu, G. H., D. Rodriguez, J. Dever and J. F. Zhang. 2013. Responses of five cotton genotypes to sodium chloride and sodium sulfate saline water irrigation. *Journal of Cotton Science* 17: 233-244.
22. Pireivatlou, A. S., B. D. Masjedlou and R. T. Aliyev. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. *African Journal of Agricultural Research* 5: 2829-2836.
23. Rahnama, A., R. Munns, K. Poustini and M. Watt. 2011. A screening method to identify genetic variation in root growth response to a salinity gradient. *Journal of Experimental Botany* 62(1): 69-77.
24. Ramzan, T., M. Shahbaz, M. F. Maqsood, U. Zulfiqar, R. U. Saman, N. Lili, M. Irshad, S. Maqsood, A. Haider, B. Shahzad and A. R. Z. Gaafar. 2023. Phenylalanine supply alleviates the drought stress in mustard (*Brassica campestris*) by modulating plant growth, photosynthesis and antioxidant defense system. *Plant Physiology and Biochemistry* 201: 107828.
25. Rehman, A. and M. Farooq. 2019. Morphology, physiology and ecology of cotton. pp. 23-46. In: K. Jabran and B. S. Chauhan (eds.), Cotton Production. John Wiley & Sons Ltd, New York.
26. Romano, N., M. Palladino and G. B. Chirico. 2011. Parameterization of a bucket model for soil-vegetation-atmosphere modeling under seasonal climatic regimes. *Hydrology and Earth System Sciences* 15: 3877–3893.
27. Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science* 42: 1441-1446.
28. Saeidnia, F., M. M. Majidi and A. Mirlohi. 2021. Marker-trait association analysis for drought tolerance in smooth bromegrass. *BMC Plant Biology* 21: 116.
29. Saeidnia, F., M. M. Majidi and A. Mirlohi. 2023. Effects of long-term drought stress and variation in traits related to post-drought recovery, persistence, and summer dormancy in two species of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and smooth bromegrass (*Bromus inermis* Leyss.). *Journal of Soil and Plant Interactions* 14(2): 61-79. (In Farsi).
30. Saeidnia, F. and H. Najjar. 2024. Effect of different irrigation levels on yield and yield components of some promising lines of cotton. *Journal of Soil and Plant Interactions* 14: 67-84. (In Farsi).
31. Sezener, V., H. Basal, C. Peynircioglu, T. Gurbuz and K. Kizilkaya. 2015. Screening of cotton cultivars for drought tolerance under filed conditions. *Turkish Journal of Field Crops* 20(2): 223-232.
32. Shahzad, A., M. Qian, B. Sun, U. Mahmood, S. Li, Y. Fan, W. Chang, L. Dai, H. Zhu, J. Li and C. Qu. 2021. Genome-wide association study identifies novel loci and candidate genes for drought stress tolerance in rape seed. *Oil Crop Science* 6(1): 12-22.
33. Simane, B., P. C. Struik, M. Nachit and J. M. Peacock. 1993. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water limited environments. *Euphytica* 71: 211-219.
34. Singh, C., V. Kumar, I. Prasad, V. R. Patil and B. K. Rajkumar. 2016. Response of upland cotton (*G. hirsutum* L.) genotypes to drought stress using drought tolerance indices. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 19(1): 53-59.
35. Singh, S. B., J. Meshram, A. H. Prakash and J. Amudha. 2022. Drought tolerant compact genotypes of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) for varied agro-ecosystem. *Asian Journal of Research and Review in Agriculture* 4(2): 1-11.
36. Soomro, M. H., G. H. Markhand and B. A. Soomro. 2011. Screening Pakistani cotton for drought tolerance. *Pakistan Journal of Botany* 44(1): 383-388.
37. Soorninia, F., M. Toorchi, M. Norouzi and M. R. Shakiba. 2012. Evaluation of sunflower inbred lines under drought stress. *Universal Journal of Environmental Research and Technology* 2: 70-76.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]

38. Spanani, S., M. M. Majidi and N. Hughes. 2018. Genetics of inbreeding effects in smooth bromegrass. *Crop Science* 58: 1899-1906.
39. Taherian, M., F. Saeidnia, R. Hamid and S. M. Nazeri. 2024. Identification of high-yielding and stable cultivars of wheat under different sowing dates: comparison of AMMI and GGE-biplot analysis. *Heliyon* 10: e39599.
40. Tokel, D., B. N. Genc and I. I. Ozyigit. 2022. Economic impacts of Bt (*Bacillus thuringiensis*) cotton. *Journal of Natural Fibers* 19(12): 4622-4639.
41. Ullah, A., A. Shakeel, H. G. M. D. Ahmed, M. Naeem, M. Ali, L. Shah, M. Wang, N. R. Jaremko, R. Abdelsalam, Y. A. N. Ghareeb and M. E. Hasan. 2022. Genetic basis and principal component analysis in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) grown under water deficit condition. *Frontiers in Plant Science* 13: 981369.
42. Yarahmadi, S., Gh. Nematzade, H. Sabouri and H. Najafi Zarini. 2018. Relationship between drought stress tolerance indices and their use in wheat screening programs. *Journal of Crop Breeding* 12(33): 29-41. (In Farsi).
43. Zafar, S., H. Afzal, A. Ijaz, A. Mahmood, A. Ayub, A. Nayab, S. Hussain, M. UL-Hussan, M. A. Sabir, U. Zulfiqar, F. Zulfiqar and A. Moosa. 2023. Cotton and drought stress: An updated overview for improving stress tolerance. *South African Journal of Botany* 161: 258-268.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-15]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.2.34173]