دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی تحمل به خشکی در توده‌های محلی کنجد (*Sesamium indicum* L.) بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در سطوح مختلف آبیاری و میکوریزا

اسماعیل قلی‌نژاد[1] و رضا درویش‌زاده[2]

۱- دانشیار، گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (نویسنده مسوول: gholinezhad1358@yahoo.com)
۲- استاد، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۳

چکیده

کنجد از جمله گیاهانی می‌باشد که به دلیل محتوای بالا (۵۲ – ٤٧ درصد) و کیفیت مناسب (میزان کم کلسترول و وجود برخی آنتی‌اکسیدان‌ها) روغن دانه‌های آن، نقش مهمی در سلامت انسان دارد. آزمایشی با هدف بررسی عکس‌العمل هشت توده محلی کنجد به تنش خشکی بر اساس عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی به صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی ارومیه اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل سطوح مختلف آبیاری (آبیاری نرمال: آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه یا ETc، تنش ملایم: آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر ETc و تنش شدید: آبیاری بعد از ۱۱۰ میلی‌متر ETc)، فاکتور فرعی شامل عدم تلقیح و تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزای *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و فاکتور فرعی فرعی شامل هشت توده‌محلی کنجد (جیرفت ۱۳، محلی طارم زنجان، محلی مغان، ناز چند شاخه، TC-25، TS-3، داراب ١٤ و دشتستان ٥) بود. ۱۰ شاخص تحمل به خشکی شامل میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HARM)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص مقاومت به خشکی (DI)، شاخص میزان محصول در محیط های غیرتنش و تنش (SNPI)، شاخص تحمل به تنش اصلاح شده در شرایط آبیاری مطلوب (M_PSTI) و شاخص تحمل به تنش اصلاح شده در شرایط تنش ملایم و شدید خشکی (M_SSTI) بر اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب (Y_P)، عملکرد دانه در شرایط تنش ملایم خشکی (Y_S-mild) و عملکرد دانه در شرایط تنش شدید خشکی (Y_S-severe) محاسبه شدند. در تجزیه خوشه‌ای، توده‌های محلی کنجد بر اساس شاخص‌های تحمل تنش و عملکرد در شرایط مختلف آبیاری در سه گروه قرار گرفتند. بر اساس نتایج بای‌پلات، توده‌های محلی طارم و محلی مغان به‌عنوان توده‌های متحمل، توده TS-25 به‌عنوان نیمه متحمل و بقیه توده‌ها نسبتاً حساس شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، تجزیه خوشه‌ای، تنش خشکی، توده محلی، کنجد

مقدمه

کنجد (*Sesamun indicum* L.) گیاهی یکساله و خودگشن بوده و به دلیل دارا بودن مقدار زیاد روغن (۵۰ درصد) و مقدار متوسط پروتئین (۲۵ درصد) به‌عنوان یک منبع تغذیه‌ای مناسب محسوب می‌شود (۲۰). سطح زیر کشت کنجد در جهان حدود ۹/۳۹ میلیون هکتار و تولید آن حدود ۴/۷۵ میلیون تن با متوسط عملکرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در ایران سطح زیر کشت کنجد حدود ۴۰۰۰۰ هکتار و تولید آن حدود ۲۸۰۰۰ تن با متوسط عملکرد ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۵). خشکی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محدود کننده تولید محصول است و یکی از مشکلات مهم و اصلی در بسیاری از مناطق دنیا است (۲۸). تنش خشکی یکی از فاکتورهای مهم استرس‌های غیرزیستی است که رشد و عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۸). سعیدی و همکاران (۳۲) گزارش کردند با افزایش تنش خشکی، عملکرد دانه کنجد کاهش می‌یابد. ایشان بیشترین عملکرد بیولوژیک را از دور آبیاری ۵ روز و از ژنوتیپ J113 گزارش کردند. در آزمایش آنها بیشترین تعداد دانه در کپسول و بیشترین تعداد کپسول در گیاه در ژنوتیپ داراب ۱۴ و سیرجان مشاهده شد. بسیاری از گزارشات نشان داده است که تنش خشکی تاثیرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان می‌گذارد (۱،۳،۱۴). حیدری و همکاران (۱۵) نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب حاصل می‌شود. حقیقت نیا و همکاران (۱۳) اعلام کردند که کلنی سازی میکوریزایی به ویژه توسط گونه گلوموس موسه سبب بهبود مقاومت به تنش خشکی و جبران بخشی از کاهش عملکرد می‌شود. تحقیقات متعددی برای ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش رطوبتی انجام شده و شاخص‌های مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به تنش برای کشت در شرایط دارای تنش آبی پیشنهاد شده است (۱۰،۲۳،۲۴،۳۰). روسیل و هامبلین (۳۱) شاخص میانگین بهره‌وری (MP)[1] را پیشنهاد نمودند. انتخاب بر مبنای شاخص MP به گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا ولی با تحمل تنش کم منجر می‌شود. از طرفی انتخاب براساس MP متوسط عملکرد را در هر دو محیط تنش و بدون تنش افزایش می‌دهد (۱۰). شاخص میانگین هارمونیک (HARM)[2] توسط برخی از محققان مورد استفاده قرار گرفته است (۱۶). فرناندز (۱۰) شاخص‌های تحمل به تنش (STI)[3] و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)[4] را برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی کردند. شاخص STI قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالقوه بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بوده و مقادیر بالای آن بیانگر ثبات عملکرد بیشتر ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی است. فرناندز (۱۰) طی آزمایشی نشان داد که شاخص STI برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش بهتر از سایر شاخص‌ها می‌باشد. اشنایدر و همکاران (۳۳) با به کارگیری شاخص GMP برای ارزیابی ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی، شاخص GMP را شاخصی مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش معرفی کردند. در برخی از تحقیقات، از YI[5]

1-Mean Productivity
2- Harmonic Mean
3- Stress Tolerance Index
4- Geometric Mean Productivity
5- Yield Index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-06]
[DOI: 10.29252/jcb.10.26.185]

برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در شرایط تنش استفاده شده است (۳۵). فرشادفر و همکاران (۹) گزارش کردند که شاخص تحمل به تنش خشکی اصلاح شده در شرایط آبیاری مطلوب (M_PSTI)[1]، شاخص تحمل به تنش خشکی اصلاح شده در شرایط تنش ملایم و شدید خشکی (M_SSTI)[2] شاخص میزان محصول محیط غیر تنش و تنش (SNPI)[3] و شاخص خشکی (DI)[4] می‌توانند به عنوان شاخص‌های مناسب برای انتخاب ارقام متحمل به خشکی در گندم استفاده شوند. گلستانی و پاک نیت (۱۲) با بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های کنجد بیان کردند که توده محلی دزفول و رقم دزفول بر اساس شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی هستند. بویریما و همکاران (۴) اظهار داشتند ژنوتیپ ۳۲-۱۵ در هر دو سال بر اساس شاخص‌های MP، GMP، YI و STI به‌عنوان ژنوتیپ متحمل به خشکی می‌باشد. امانی و همکاران (۱) در ارزیابی شاخص‌های MP، TOL، SSI، HARM **و** STI، ژنوتیپ داراب ۱۴ را به‌عنوان ژنوتیپ برتر معرفی کردند. مولایی و همکاران (۲۵) نیز رقم اولتان را به دلیل داشتن بیشترین مقدار شاخص STI و کمترین مقدار شاخص‌های SSI و TOL به‌عنوان رقم مقاوم به خشکی معرفی کردند. خانی و همکاران (۲۰) نیز در بررسی انتخاب برای مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های کنجد، شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل معرفی کرده و بر اساس این شاخص‌ها، ژنوتیپ‌های JL-13، داراب ۱۴ و **TS-3** را برای کشت در منطقه جیرفت و کهنوج توصیه کردند. شیرانی‌راد و عباسیان (۳۴) اعلام کردند که شاخص‌های MP، GMP و YI جهت شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط نامطلوب کمبود آب بسیار موثر هستند. پوراسماعیلی و همکاران (۲۹) اعلام داشتند که شاخص‌های MP، GMP و STI در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارند و بر اساس این شاخص‌ها واریته داراب ۱۴ و توده محلی سیستان به‌عنوان واریته‌های برتر معرفی شدند. حسن‌زاده و همکاران (۱۴) در تحقیقی بیان داشتند که بر اساس شاخص‌های MP، GMP، TOL و STI، ژنوتیپ‌های کرج ۱، ناز تک شاخه، ورامین ۲۳۷ و ورامین ۲۸۲۲ به‌عنوان مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها می‌باشند. خماری و همکاران (۱۹) اعلام نمودند که ژنوتیپ‌های سیستان و TN238 از نظر شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI بیشترین مقدار را داشته و به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی شدند. فرجی (۶) اظهار داشت که کاهش رطوبت خاک و ایجاد شرایط تنش خشکی توانست سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شود در این پژوهش بیشترین عملکرد دانه، تحت شرایط شاهد مربوط به ژنوتیپ DPX × Fora با میانگین ۲۶۱۵ و تحت شرایط تنش مربوط به ژنوتیپ DPX × Spideh با میانگین ۲۲۹۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. همچنین شاخص‌های SSI و TOL نیز نشان دادند که از نظر تحمل به خشکی، DPX × Fora متحمل‌ترین ژنوتیپ می‌باشد. عسکری و همکاران (۲) اعلام کردند که تجزیه خوشه‌ای، ۱۲ ژنوتیپ کنجد را به ترتیب در دو و سه دسته در شرایط نرمال و تنش تقسیم‌بندی نمود در این پژوهش ژنوتیپ داراب ۱۴ به‌عنوان ژنوتیپ برتر در شرایط تنش معرفی شد. این پژوهش، با هدف بررسی برخی از شاخص‌های تحمل به خشکی و همچنین شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در توده‌های محلی کنجد در ارومیه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

با هدف بررسی عکس‌العمل هشت توده محلی کنجد به تنش خشکی بر اساس عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل به خشکی آزمایشی به صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی ارومیه واقع در ۱۲ کیلومتری ارومیه- مهاباد اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل سطوح مختلف آبیاری (آبیاری نرمال: آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر تبخیر و تعرق گیاه یا ETc[5] تنش ملایم: آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر ETc و تنش شدید: آبیاری بعد از ۱۱۰ میلی‌متر ETc)، فاکتور فرعی شامل عدم تلقیح و تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزای **Glomus mossea**، Glomus intraradices و فاکتور فرعی فرعی شامل هشت توده‌محلی کنجد (جیرفت ۱۳، محلی طارم زنجان، محلی مغان، ناز چند شاخه، TC-25، TS-3، داراب ۱۴ و دشتستان ۵) بود. ۱۰ شاخص تحمل به خشکی شامل میانگین بهره‌وری (MP)، شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HARM)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص مقاومت به خشکی (DI)، شاخص میزان محصول محیط غیر تنش و تنش (SNPI)، شاخص تحمل به تنش اصلاح شده در شرایط آبیاری مطلوب (M_PSTI) و شاخص تحمل به تنش اصلاح شده در شرایط تنش ملایم و شدید خشکی (M_SSTI) بر اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب (Y_P)، عملکرد دانه در شرایط تنش ملایم خشکی (Y_S-mild) و عملکرد دانه در شرایط تنش شدید خشکی (Y_S-severe) محاسبه شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش با نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک تعیین گردید (جدول ۱). متوسط بارش ماهانه، رطوبت و دما در طول دوره رشد در جدول ۲ آمده است. بذر توده‌ها در ۵ و ۶ خرداد ماه سال ۱۳۹۳ با فاصله ردیف ۵۰ و فاصله بوته ۱۵ سانتی‌متر کشت شدند. هر کرت دارای ۶ خط کاشت به طول ۶ متر بود. کاشت به صورت جوی و پشته و آبیاری به روش نشتی انجام گرفت. در موقع کاشت در هر کپه ۳ عدد بذر قرار داده شد که بعدا در مرحله دو تا چهار برگی بوته‌های اضافی تنک شدند. در مدت رشد گیاهچه‌ها تا مرحله دو تا چهار برگی برگی و استقرار کامل گیاه همه تیمارها به‌طور یکسان آبیاری شدند و بعد از این مرحله سطوح مختلف تنش خشکی اعمال شد. مقدار آب سهل‌الوصول در هریک از تیمارهای آزمایشی از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

$$RAW=\frac{FC-PWP}{100}\times\ \rho\times D\ \times MAD$$

1- Modified Stress Tolerance Index in Optimum Irrigation 2- Modified Stress Tolerance Index in Moderate and Severe Stress
3- Stress Non-Stress Production Index 4- Drought Resistance Index 5- Crop evapotranspiration

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-06]
[DOI: 10.29252/jcb.10.26.185]

در این فرمول RAW[1]: آب سهل‌الوصول (میلی‌متر)، FC[2]: ظرفیت زراعی، PWP[3]: نقطه پژمردگی دایم، ρ: وزن مخصوص ظاهری خاک، D: عمق توسعه ریشه بر حسب میلی‌متر، MAD[4]: یا ضریب آب سهل الوصول یا حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی (درصدی از رطوبت قابل استفاده که می‌تواند توسط گیاه مصرف شود بدون اینکه محصول کاهش یابد) می‌باشد. ضریب آب سهل الوصول با F یا θ نیز نشان داده می‌شود. MAD = ضریب آب سهل الوصول همان آب قابل استفاده است که بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دایم قرار گرفته است. این ضریب در آبیاری مطلوب ۰/۶۵ در تنش ملایم ۰/۸ و در تنش شدید ۰/۹۵ در نظر گرفته شد. با توجه به نوع خاک که لومی رسی بود، ظرفیت زراعی خاک ۲۷، نقطه پژمردگی دایم ۱۳ و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۵ در نظر گرفته شد. عمق توسعه ریشه در کنجد ۶۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. در شرایط آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید خشکی آب سهل الوصول یا RAW به ترتیب برابر ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر بدست آمد که معادل تبخیر و تعرق گیاه یا ETc در نظر گرفته شد (۲۷).

$$ETo = ETp \times Kp$$
$$ETc = ETo \times Kc$$

در این فرمول‌ها ETo[5]: تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه، ETp[6]: تبخیر و تعرق تشتک تبخیر، ETc: تبخیر و تعرق گیاه، Kc[7]: ضریب گیاهی کنجد، Kp[8]: ضریب تشتک تبخیر می‌باشند. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه از خطوط وسط به مساحت ۲ مترمربع استفاده گردید. شاخص‌های تحمل به خشکی مطابق با فرمول‌های ارائه شده در جدول ۳ محاسبه شدند. تجزیه و تحلیل واریانس با استفاده از رویه GLM در نرم‌افزار SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) انجام گرفت. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از عملکرد دانه در هر کرت در هر یک از رژیم‌های آبیاری و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی با استفاده از روش Ward در نرم‌افزار Statgraphics XVI انجام شد. برای رسم بای‌پلات تجزیه مولفه‌های اصلی روی همبستگی صفات انجام گرفت و بر اساس دو مولفه اول تجزیه به مولفه‌های اصلی، بای‌پلات رسم شد. تجزیه خوشه‌ای و رسم نمودار دندروگرام توسط نرم‌افزار MINITAB 16 انجام گرفت. اصولاً در رسم دندروگرام برش را از جایی انجام می‌دهند که تعداد گروه زیاد و کم نباشد. در این روش با توجه به این اصل در جایی که فاصله اتصال تغییر ناگهانی نمود خط برش تعیین گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در ارومیه

Table 1. Physical and chemical properties of the soil in the experimental field in Urmia

عمق خاک (cm)	بافت خاک	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	پی اچ pH	درصد مواد خنثی شونده	درصد اشباع (٪)	آهک (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
۳۰-۰	لومی - لومی رسی	۰/۷۷	۷/۶۹	۲۲/۸	۳۰	-	۳۸	۳۶	۲۶	۱/۱۱	۰/۱۱	۵/۲۱	۲۲۱

جدول ۲- داده‌های ماهانه هواشناسی در طی فصل رشد کنجد در ارومیه

Table 2. Monthly climate data during sesame growing season in Urmia

پارامترهای هواشناسی	ماه				
	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۴/۱	۲۷/۸	۳۲/۷	۳۳/۲	۳۱/۴
حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)	۹/۲	۱۱/۰	۱۵/۸	۱۵/۷	۱۲/۶
میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۶/۶	۱۹/۴	۲۴/۵	۲۴/۴	۲۲/۰
مجموع بارندگی (میلی‌متر)	۳۵/۱	۲۴/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۱
کل تبخیر (میلی‌متر)	۱۹۰/۳	۲۵۵/۹	۲۳۸/۰	۲۸۱/۸	۲۳۶/۷
میانگین رطوبت نسبی (٪)	۵۳	۵۱	۴۴	۴۲	۴۳

1- Readily available water 2- Field capacity 3- Permanent wilting point 4- Maximum allowable deficit
5- Reference crop evapotranspiration 6- Pan evapotranspiration 7- Crop coefficient (factor) 8-Pan coefficient (factor)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-06]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.185]

جدول ۳- مشخصات شاخص‌های تحمل به خشکی استفاده شده در تحقیق حاضر

Table 3. Properties of tolerance indices to drought stress used in current study

شاخص	معادله	منبع
Mean Productivity (MP)	$MP = \frac{Ys + Yp}{2}$	(۳۱)
Geometric Mean Productivity (GMP)	$GMP = \sqrt{Ys \times Yp}$	(۲۱)
Stress Tolerance Index (STI)	$STI = \frac{Yp \times Ys}{(\bar{Y}p)^2}$	(۱۰)
Harmonic Mean (HARM)	$HARM = \frac{2(Y_P \times Y_S)}{Y_P + Y_S}$	(۱۷)
Yield Index (YI)	$YI = \frac{Y_S}{\bar{Y}_P}$	(۱۱)
Drought Resistance Index (DI)	$DI = \frac{[Y_S \times (\frac{Y_S}{\bar{Y}_P})]}{\bar{Y}_S}$	(۲۲)
Stress Non-Stress Production Index	$SNPI = [\frac{Y_P + Y_S}{Y_P - Y_S}]^{\frac{1}{3}} \times [Y_P \times Y_S \times Y_S]^{\frac{1}{3}}$	(۲۶)
Modified Stress Tolerance Index in Optimum Irrigation (MPSTI)	$M_PSTI = \frac{(Y_P)^2}{(\bar{Y}_P)^2} \times STI$	(۷)
Modified Stress Tolerance Index in Moderate and Severe Stress (MSSTI)	$M_SSTI = \frac{(Y_S)^2}{(\bar{Y}_S)^2} \times STI$	(۷)

Y_P، Y_S، $\bar{Y}s$ و $\bar{Y}p$: به ترتیب عملکرد دانه در شرایط نرمال، عملکرد دانه در شرایط تنش، میانگین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و نرمال می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تاثیر اثرات ساده آبیاری، میکوریزا، ژنوتیپ، اثرات برهمکنش آبیاری × ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۴). بیشترین مقدار شاخص‌های تحمل تنش مورد مطالعه در توده‌های محلی مغان و طارم زنجان و کمترین در توده TS-3 در هر دو شرایط تنش خشکی ملایم و شدید مشاهده شد (جداول ۵ و ۶). بقیه توده‌ها در حد فاصل این توده‌ها قرار داشتند. گلستانی و پاک نیت (۱۲) با بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های کنجد بیان کردند که توده محلی دزفول و رقم دزفول بر اساس شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی انتخاب شدند. بویریما و همکاران (۴) اظهار داشتند ژنوتیپ ۳۲-۱۵ در هر دو سال بر اساس شاخص‌های MP، GMP، YI و STI به‌عنوان ژنوتیپ متحمل به خشکی می‌باشد.

جدول ۴- تجزیه واریانس برای عملکرد دانه در هشت توده محلی کنجد تحت شرایط نرمال، تنش ملایم و تنش شدید خشکی

Table 4. Variance analysis for grain yield in eight local landraces of sesame under optimum, moderate and severe drought stress conditions

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد دانه
بلوک	۲	۲۷۳۴/۱۴ ns
آبیاری	۲	۲۶۶۶۸۶/۲۳ **
میکوریزا	۲	۴۸۱۰۹/۵۷ **
آبیاری × میکوریزا	۴	۱۵۵۳/۷۷ ns
خطای اصلی (E_{ab})	۱۶	۶۷۸۶/۵۶
ژنوتیپ	۷	۴۷۸۳۹/۳۶ **
آبیاری × ژنوتیپ	۱۴	۴۷۷۳/۷۳ **
میکوریزا × ژنوتیپ	۱۴	۱۳۰/۵۹ ns
آبیاری × میکوریزا × ژنوتیپ	۲۸	۱۱۹/۷۵ ns
خطای فرعی (E_c)	۱۲۶	۷۵۴/۴۳
ضریب تغییرات (٪)	-	۲۰/۶۷

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-06]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.185]

جدول ۵- شاخص‌های تحمل تنش در هشت توده محلی کنجد تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش ملایم خشکی

Table 5. Tolerance indices to drought stress in eight local landraces of sesame under optimum irrigation and moderate drought stress conditions

No	Local landraces	Yp	Rank	Ys-mild	Rank	MP	Rank	STI	Rank	GMP	Rank	HARM	Rank
۱	Jiroft 13	۱/۳۳	۷	۱/۰۳	۷	۱/۱۸	۷	۰/۳۶	۷	۱/۱۷	۷	۱/۱۶	۷
۲	Zanjan Tarom landrace	۲/۶۰	۲	۱/۷۶	۲	۲/۱۸	۲	۱/۲۲	۲	۲/۱۴	۲	۲/۱۰	۲
۳	Moghan landrace	۳/۱۸	۱	۱/۸۸	۱	۲/۵۳	۱	۱/۵۹	۱	۲/۴۴	۱	۲/۳۶	۱
۴	Naz of several branches	۱/۴۷	۶	۱/۱۳	۶	۱/۳۰	۶	۰/۴۴	۶	۱/۲۹	۶	۱/۲۸	۶
۵	TC-25	۲/۱۸	۳	۱/۴۱	۳	۱/۷۹	۳	۰/۸۲	۳	۱/۷۵	۳	۱/۷۱	۳
۶	TS-3	۱/۲۲	۸	۰/۹۶	۸	۱/۰۹	۸	۰/۳۱	۸	۱/۰۸	۸	۱/۰۷	۸
۷	Darab 14	۱/۸۲	۴	۱/۲۸	۴	۱/۵۵	۴	۰/۶۲	۴	۱/۵۳	۴	۱/۵۰	۴
۸	Dashtestan 5	۱/۶۸	۵	۱/۲۴	۵	۱/۴۶	۵	۰/۵۶	۵	۱/۴۴	۵	۱/۴۳	۵

ادامه جدول ۵

Table 5. Continued

No	Local landraces	SNPI	Rank	YI	Rank	DI	Rank	M_PSTI	Rank	M_SSTI	Rank
۱	Jiroft 13	۲/۲۱	۷	۰/۵۳	۷	۰/۶۰	۷	۰/۱۷	۷	۰/۲۲	۷
۲	Zanjan Tarom landrace	۳/۴۱	۲	۰/۹۱	۲	۰/۸۹	۱	۲/۲۱	۲	۲/۱۴	۲
۳	Moghan landrace	۳/۴۷	۱	۰/۹۷	۱	۰/۸۳	۲	۴/۳۱	۱	۳/۱۹	۱
۴	Naz of several branches	۲/۴۰	۶	۰/۵۸	۶	۰/۶۵	۶	۰/۲۶	۶	۰/۳۲	۶
۵	TC-25	۲/۶۹	۳	۰/۷۳	۳	۰/۶۸	۴/۵	۱/۰۴	۳	۰/۹۳	۳
۶	TS-3	۲/۰۸	۸	۰/۵۰	۸	۰/۵۶	۸	۰/۱۲	۸	۰/۱۶	۸
۷	Darab 14	۲/۵۶	۴	۰/۶۶	۴	۰/۶۸	۴/۵	۰/۵۵	۴	۰/۵۸	۴
۸	Dashtestan 5	۲/۵۵	۵	۰/۶۴	۵	۰/۶۹	۳	۰/۴۲	۵	۰/۴۹	۵

جدول ۶- شاخص‌های تحمل تنش در هشت توده محلی کنجد تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش شدید خشکی

Table 6. Tolerance indices to drought stress in eight local landraces of sesame under optimum irrigation and severe drought stress conditions

No	Local landraces	Yp	Rank	Ys-severe	Rank	MP	Rank	STI	Rank	GMP	Rank	HARM	Rank
۱	Jiroft 13	۱/۳۳	۷	۰/۴۴	۷	۰/۸۸	۷	۰/۱۶	۷	۰/۷۶	۷	۰/۶۶	۷
۲	Zanjan Tarom landrace	۲/۶۰	۲	۰/۹۸	۲	۱/۷۹	۲	۰/۶۸	۲	۱/۶۰	۲	۱/۴۲	۲
۳	Moghan landrace	۳/۱۸	۱	۱/۱۳	۱	۲/۱۶	۱	۰/۹۶	۱	۱/۹۰	۱	۱/۶۷	۱
۴	Naz of several branches	۱/۴۷	۶	۰/۵۶	۶	۱/۰۱	۶	۰/۲۲	۶	۰/۹۱	۶	۰/۸۱	۶
۵	TC-25	۲/۱۸	۳	۰/۸۴	۳	۱/۵۱	۳	۰/۴۹	۳	۱/۳۵	۳	۱/۲۱	۳
۶	TS-3	۱/۲۲	۸	۰/۴۱	۸	۰/۸۱	۸	۰/۱۳	۸	۰/۷۰	۸	۰/۶۱	۸
۷	Darab 14	۱/۸۲	۴	۰/۷۵	۴	۱/۲۸	۴	۰/۳۶	۴	۱/۱۷	۴	۱/۰۶	۴
۸	Dashtestan 5	۱/۶۸	۵	۰/۶۳	۵	۱/۱۶	۵	۰/۲۸	۵	۱/۰۳	۵	۰/۹۲	۵

ادامه جدول ۶

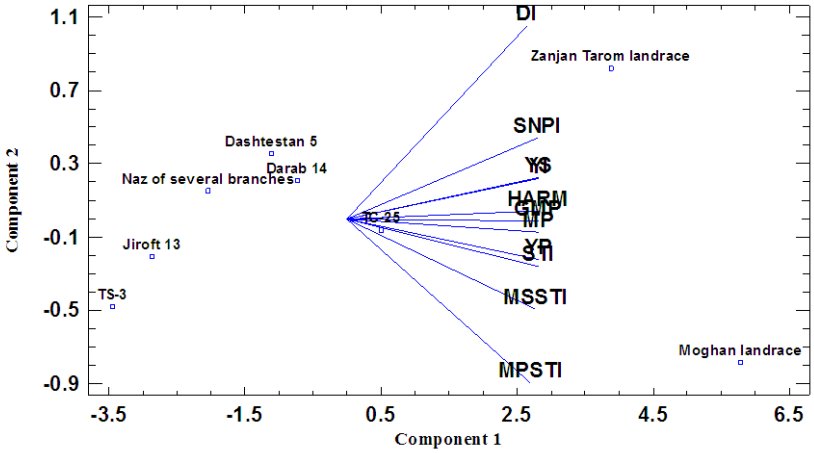
Table 6. Continued

No	Local landraces	SNPI	Rank	YI	Rank	DI	Rank	M_PSTI	Rank	M_SSTI	Rank
۱	Jiroft 13	۰/۸۰	۷	۰/۲۳	۷	۰/۲۰	۷	۰/۰۷	۷	۰/۰۶	۷
۲	Zanjan Tarom landrace	۱/۷۷	۲	۰/۵۱	۲	۰/۵۱	۲	۱/۲۴	۲	۱/۲۹	۲
۳	Moghan landrace	۲/۰۵	۱	۰/۵۹	۱	۰/۵۶	۱	۲/۶۱	۱	۱/۴۳	۱
۴	Naz of several branches	۱/۰۱	۶	۰/۲۹	۶	۰/۳۰	۶	۰/۱۳	۶	۰/۱۴	۶
۵	TC-25	۱/۵۱	۳	۰/۴۳	۳	۰/۴۴	۳	۰/۶۲	۳	۰/۶۷	۳
۶	TS-3	۰/۷۴	۸	۰/۲۱	۸	۰/۱۹	۸	۰/۰۵	۸	۰/۰۴	۸
۷	Darab 14	۱/۳۵	۴	۰/۳۹	۴	۰/۴۳	۴	۰/۳۲	۴	۰/۴۰	۴
۸	Dashtestan 5	۱/۱۴	۵	۰/۳۳	۵	۰/۳۳	۵	۰/۲۱	۵	۰/۲۲	۵

سلیمانی و همکاران (۳۶) در تحقیقی، شاخص‌های MP، GMP، STI، HARM را که بیشترین همبستگی معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش داشتند به عنوان شاخص‌های برتر برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل معرفی کردند. زالی و همکاران (۳۷) نیز در بررسی راهکارهای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در کلزا اظهار داشتند ژنوتیپ‌هایی که بیشترین مقدار شاخص‌های MP، GMP، STI، HARM را داشتند ژنوتیپ‌های مطلوب و برتر شناخته شدند. پوراسماعیلی و همکاران (۲۹) اعلام داشتند که شاخص‌های MP، GMP و STI در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارند و بر اساس این شاخص‌ها واریته داراب ۱۴ و توده محلی سیستان به عنوان واریته‌های برتر معرفی شدند. در نمودار بای پلات، مشاهده زاویه حاده بین شاخص‌های MP، STI، GMP و HARM و عملکرد دانه (شکل ۱ و ۲) در هر دو سطح تنش خشکی حاکی از همبستگی قوی و مثبت بین آنها می‌باشد. البته رابطه خطی بین میزان زاویه و همبستگی گزارش نشده است. بر این اساس، در این مطالعه چهار شاخص فوق مناسب‌ترین شاخص جهت غربالگری ژنوتیپ‌های تحمل به خشکی می‌باشند. انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس این شاخص‌ها می‌تواند منجر به شناسایی یک رقم با عملکرد مطلوب در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شود (گروه A).

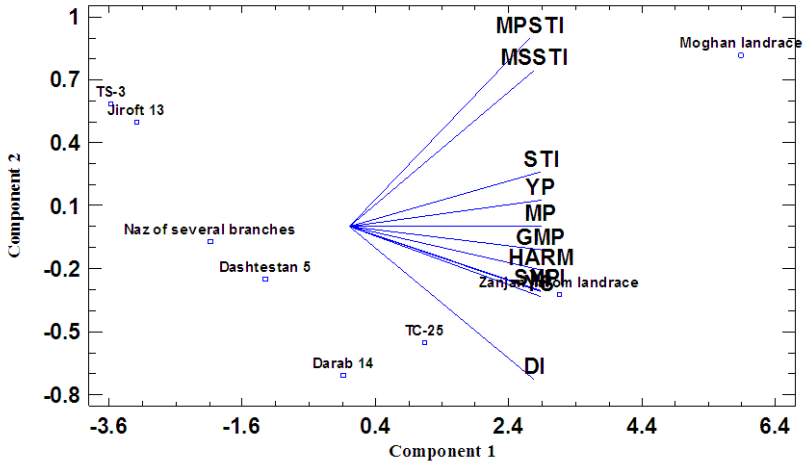
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-06]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.185]



شکل ۱- بای پلات برای تعیین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های برتر در هشت توده محلی کنجد در شرایط تنش ملایم خشکی

Figure 1. Biplot for determing genotypes and superior indices in eight local landraces of sesame in moderate drought stress condition



شکل ۲- بای پلات برای تعیین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های برتر در هشت توده محلی کنجد در شرایط تنش شدید خشکی

Figure 2. Biplot for determing genotypes and superior indices in eight local landraces of sesame in severe drought stress condition

در شرایط تنش خشکی ملایم، توده‌های محلی مغان با عملکرد دانه ۱/۸۸ تن در هکتار و توده محلی طارم زنجان با عملکرد دانه ۱/۷۶ تن در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و توده‌های TC-25 با عملکرد دانه ۱/۴۱ تن در هکتار، داراب ۱۴ با عملکرد دانه ۱/۲۸ تن در هکتار، دشتستان ۵ با عملکرد دانه ۱/۲۴ تن در هکتار و ناز چند شاخه با عملکرد دانه ۱/۱۳ تن در هکتار به عنوان توده‌های محلی نیمه متحمل به تنش خشکی طبقه‌بندی شدند. توده‌های جیرفت ۱۳ و TS-3 حساس به تنش خشکی بودند. در شرایط تنش خشکی شدید، توده محلی مغان با عملکرد دانه ۱/۱۳ تن در هکتار در شرایط تنش شدید و عملکرد دانه ۳/۱۸ تن در هکتار در شرایط نرمال به‌عنوان ژنوتیپ متحمل و توده‌های طارم زنجان با عملکرد دانه ۰/۹۸ تن در هکتار، TC-25 با عملکرد دانه ۰/۸۴ تن در هکتار و داراب ۱۴ با عملکرد دانه ۰/۷۵ تن در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ‌های محلی نیمه متحمل به تنش خشکی طبقه‌بندی شدند. بقیه توده‌ها حساس به خشکی بودند و چون توده‌های طارم و مغان در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی ملایم و شدید، عملکرد دانه بالایی داشتند به‌عنوان رقم متحمل به تنش خشکی معرفی می‌شوند (جداول ۵ و ۶).

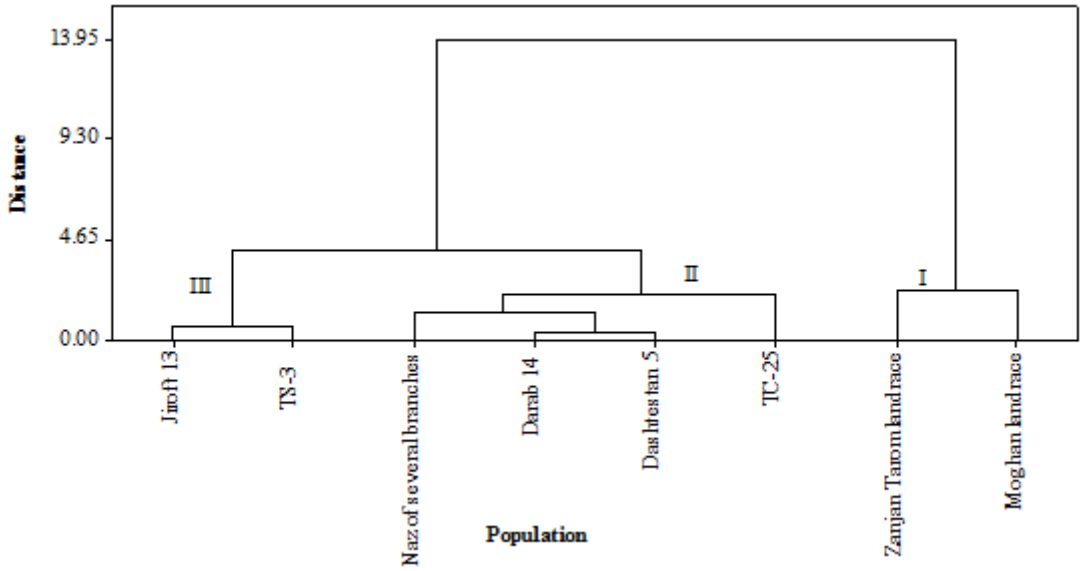
تجزیه خوشه‌ای

بر اساس تجزیه خوشه‌ای، توده‌های محلی مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید در ۳ گروه قرار گرفتند که نشان می‌دهد تنوع قابل توجهی در بین توده‌های محلی برای تحمل به خشکی وجود دارد. با توجه به دندروگرام ۱ در شرایط تنش خشکی ملایم، دو توده از توده‌های محلی در گروه ۱، چهار توده در گروه ۲ و دو توده در گروه ۳ قرار گرفتند (شکل ۳). در شرایط تنش خشکی شدید، یک توده محلی در گروه ۱، سه توده در گروه ۲ و چهار توده در گروه ۳ قرار گرفتند (شکل ۴). تجزیه خوشه‌ای در مطالعات مقاومت به خشکی توسط محققان دیگر نیز مورد استفاده قرار گرفته است (۱۲،۱۴،۳۴). حسن‌زاده و همکاران (۱۴) در بررسی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های گیاه کنجد بر اساس شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش خشکی و شرایط نرمال ژنوتیپ‌ها را به سه گروه تقسیم کردند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-06]

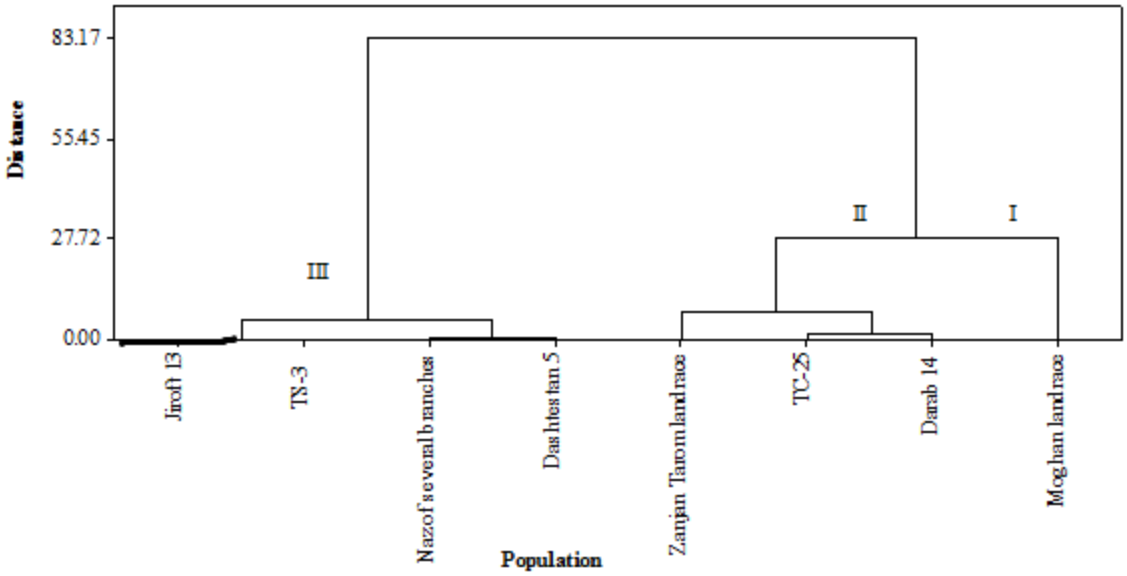
[DOI: 10.29252/jcb.10.26.185]

گلستانی و پاک نیت (۱۲) نشان دادند که بر اساس تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها به سه گروه تقسیم شدند در این پژوهش توده محلی دزفول و رقم محلی دزفول به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، ژنوتیپ‌های TN238، TN239 و TN240 به‌عنوان لاین‌های حساس به خشکی شناخته شدند همچنین لاین ۱ از نتاج توده محلی داراب و لاین ۲ از نتاج توده محلی داراب از نظر تحمل به خشکی در حد متوسط قرار داشتند. نتایج حاصل از این مطالعه، با یافته‌های فرشادفر و همکاران (۹) مطابقت داشت. فرشادفر و همکاران (۸) نشان دادند که شاخص مناسب برای انتخاب ارقام متحمل به تنش شاخصی است که همبستگی بالا با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشته باشد. در هر دو شرایط تنش ملایم و شدید خشکی، توده‌های محلی به سه گروه طبقه بندی شدند (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای هشت توده محلی کنجد بر اساس روش Ward روی شاخص‌های تحمل به خشکی در شرایط تنش ملایم

Figure 3. Dendrogram of cluster analysis of eight local landraces of sesame basis of Ward method on tolerance indices to drought stress in moderate drought stress



شکل ۴- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای هشت توده محلی کنجد بر اساس روش Ward روی شاخص‌های تحمل به خشکی در شرایط تنش شدید

Figure 4. Dendrogram of cluster analysis of eight local landraces of sesame sesame basis of Ward method on tolerance indices to drought stress in severe drought stress

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-06]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.185]

بر اساس نتایج حاصل، به نظر می‌رسد شاخص‌های MP، STI، GMP و HARM از مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش و شرایط تنش باشند. با استفاده از نمودار بای پلات (شکل‌های ۱ و ۲) توده‌های محلی مغان و طارم زنجان به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و توده‌های داراب ۱۴، ناز چند شاخه، TS-3، دشتستان ۵ و جیرفت ۱۳ به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به خشکی تحت شرایط تنش ملایم و شدید خشکی تشخیص داده شدند. بقیه توده‌ها نیمه‌حساس یا نیمه‌متحمل بودند. بر اساس تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها در ۳ گروه قرار گرفتند که نشان می‌دهد تنوع ژنتیکی برای تحمل به خشکی در توده‌های محلی کنجد وجود دارد (شکل‌های ۳ و ۴).

منابع

1. Amani, M., P. Golkar and G. Mohammadi-Nejad. 2012. Evaluation of drought tolerance in different genotypes of sesame (*Sesame indicum* L.). International Journal of Recent Scientific Research, 3: 226-230.
2. Askari, A., M. Zabet, M.G. Ghaderi and A. Shorvazdi. 2016. Choose the most important traits affecting on yield of some sesame genotypes (*Sesamum indicum* L.) in normal and stress conditions. Journal of Crop Breeding, 8: 78-87 (In Persian).
3. Bahrami, H., J. Razmjoo and A. Ostadi Jafari. 2012. Effect of drought stress on germination and seedling growth of sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.). International Journal of Agriculture Science, 2: 423-428.
4. Boureima, S., M. Diouf, A.I. Amoukou and P. Van Damme. 2016. Screening for ources of tolerance to drought in sesame induced mutants: Assessment of indirect selection criteria for seed yield. International Journal of Pure and Applied Biosience, 4: 45-60.
5. Food and Agricultural Organization. 2013. FAO 2013 [WWW.document]. http://faostat3.fao.org.
6. Faraji, F. 2016. Evaluation of some soybean genotypes (*Glycine max*) under salt stress. Journal of Crop Breeding, 8: 30-36 (In Persian).
7. Farshadfar, E. and J. Sutka. 2002. Screening drought tolerance criteria in maize. Acta Agronomica Hungarica, 50: 411-416.
8. Farshadfar, E., M. Ghannadha, M. Zahravi and J. Sutka. 2001. Genetic analysis of drought tolerance in wheat. *Plant Breeding*, 114: 542-544.
9. Farshadfar, E., M.M. Poursiahbidi and S.M. Safavi. 2013. Assessment of drought tolerance in land races of bread wheat based on resistance/tolerance indices. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 1: 143-158.
10. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo C.G. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, pp: 257-270.
11. Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R.G. Campaline, G.L. Ricciardi and B. Borghi. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science, 77: 523-531.
12. Golestani, M. and H. Pakniat. 2007. Evaluation of drought tolerance indices in sesame lines. Journal of Scientific and Technological Agriculture, 11: 141-149 (In Persian).
13. Haghighatnia, H., H. Nadian, F. Rejali and A.R. Tavakoli. 2012. Effect of two species of arbuscular-mycorrhizal fungi on vegetative growth and phosphorous uptake of Mexican lime rootstock (Citrus aurantifolia) under drought stress conditions. Seed and Plant Improvement Journal, 2: 403-417 (In Persian).
14. Hassanzadeh, M., A. Ashari, S.H. Jamaati-e-Somarin, M. Saeidi, R. Zabihi-e-Mahmoodabad and S. Hokmalipour. 2009. Effects of water deficit on drought tolerance indices of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in Moghan Region. Research Journal of Environmental Sciences, 3: 116-121.
15. Heidari, M., M. Galavi and M. Hassani. 2011. Effect of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (Sesamum indicum L.) under water stress. African Journal of Biotechnology, 10: 816-8822.
16. Izanloo, A., H. Zeinali, A. Hosainzadeh and N. Majnoon Hoseini. 2002. Determination the best indicators of drought tolerance in soybean cultivars. The 7th congress Agronomy Sciences and Plant Breeding. Karaj. Iran, 553-554 (In Persian).
17. Jafari, A., F. Paknejad and M. Al-Ahmadi. 2009. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. International Journal of Plant Production, 3: 33-38.
18. Jaleel, C.A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, H.J. Al-Juburi, R. Somasundaram and R. Panneersel Vam. 2009. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. Inernational Journal of Agriculture and Biology, 11: 100-105.
19. Khammari, M., A. Ghanbari and H. Rostami. 2013. Evaluation indicator of drought stress in different cultivars of sesame. International Journal of Management Sciences and Business Research, 2: 2226-8235.
20. Khani, M.R., H. Heidari Sharifabad, H. Madani, G.H. Noor Mohamadi and F. Darvish. 2010. Selection for tolerance to drought in sesame genotype. The new findings Agriculture, 4: 347-359 (In Persian).
21. Kristin, A.S., R.R. Serna, F.I. Perez, B.C. Enriquez, J.A.A. Gallegos, P.R. Vallejo, N. Wassimi and J.D. Kelly. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science, 37: 51-60.
22. Lan, J. 1998. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 7: 85-87.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-06]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.185]

23. Ledcnt, J.F. and O.N. Moss. 1979. Relation of morphological characters and shoot yield in wheat. Crop Science, 19: 445-451.
24. Mensah, J.K., B.O. Obadoni, P. Eruotor and F. Onome-Trieguna. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame. African Journal Biotechnology, 13: 1249-1253.
25. Molaei, P., A. Ebadi, A. Namvar and T. Khandan Bejandi. 2012. Water relation, solute accumulation and cell membrane injury in sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars subjected to water stress. Annals of Biological Research, 3: 1833-1838.
26. Moosavi, S.S., B. Yazdi Samadi, M.R. Naghavi, A.A. Zali, H. Dashtid and A. Pourshahbazi. 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert, 12: 165-178 (In Persian).
27. Mousavi, S.F. and S. Akhavan. 2007. Irrigation Principles, Press Kankash, 415 (In Persian).
28. Passioura, J.B. 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. Journal of Experimental Botany, 58: 113-117.
29. Poor-Esmaeili, H.A., H.R. Fanaeib and M.H. Saberic. 2014. Evaluation of drought tolerant cultivars and lines of sesame using stress tolerance indices. Scientific Journal of Crop Science, 3: 66-70.
30. Richards, R.A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Regulators, 20: 157-166.
31. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environment. Crop Science, 21: 943-946.
32. Saeidi, A., E. Tohidi-Nezhad, F. Ebrahimi, G. Mohammadi-Nejad and M.H. Shirzadi. 2012. Investigation of water stress on yield and some yield components of sesame genotypes in Jiroft region. Journal of Applied Sciences Research, 8: 243-246.
33. Schnider, K.A., R. Rosales-Serna, F. Ibarra-Perez, B. Cazares-Enriques, J.A. Acosta-Gallegos, P. Ramirez-Vallejo, N. Wassimi and J.D. Kelly. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science, 37: 43-50.
34. Shiranirad, A.H. and A. Abbasian. 2011. Evaluation of Drought Tolerance in Rapeseed Genotypes under Non Stress and Drought Stress Conditions. Notulae Botanici Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 39: 164-171.
35. Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Reseasrch, 98: 222-229.
36. Soleimani, A., M.R. Bihamta, S.A. Peyghambari and R. Maali-Amiri. 2017. Evaluation of late season drought in barley genotypes using some drought tolerance indices. Journal of Crop Breeding, 9(23): 166-176.
37. Zali, H., T. Hasanloo, O. Sofalian, A. Asghari and M. Zeinalabedini. 2016. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in Canola. Journal of Crop Breeding, 8(20): 77-90.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-06]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.185]

Investigation the Drought Tollerance of Sesame (*Sesamium indicum* L.) Local Landraces Based on Drought Stress Tolerance Indices in Different Levels of Irrigation and Mycorrhizae

Esmaeil Gholinezhad[1] and Reza Darvishzadeh[2]

1- Associate Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran
(Corresponding Author: gholinezhad1358@yahoo.com)
2- Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Urmia University, Urmia, Iran
Received: February 2, 2017 Accepted: June 3, 2017

Abstract

Sesame is one of the plants that due to the high content (47-52%) and high quality (low cholesterol and some antioxidants) its seed oil, important role has in human health. An experimental with objective to evaluate eight local landraces of sesame to drought stress based on grain yield and drought tolerance indices using factorial split plot design was conducted with three replications in research field of Urmia agricultural high school. The main factor was consisted different levels of irrigation, normal irrigation (irrigation after 70 mm evaporation of crop (ETc)), moderate drought stress (irrigation after 90 mm ETc) and severe drought stress (irrigation after 110 mm ETc), sub plots including two kinds of mycorrhizae fungi *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices* and non-inoculated (control). Sub-sub plots consisted of eight local landraces of sesame with names Jiroft13, Zanjan Tarom landrace, Moghan landrace, Naz of several branches, TC-25, TS-3, Darab 14 and Dashtestan 5. Ten drought tolerance indices including mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), stress tolerance index (STI), harmonic mean (HARM), yield index (YI), drought resistance index (DI), stress non-stress production index (SNPI), modified stress tolerance index in optimum irrigation (MPSTI) and modified stress tolerance index in moderate and severe stress (MSSTI) were calculated based on grain yield under well-watered (YP), moderate drought stress (YS-mild) and severe drought stress (YS-severe) conditions. Based on cluster analysis, the studied local landraces were grouped in 3 clusters in each one of water treatment conditions. Based on biplot analysis, local landraces Moghan landrace and Zanjan Tarom landrace as resistant genotypes and landrace TC-25 were classified as moderately resistant and other local landraces were somewhat susceptible.

Keywords: Biplot, Cluster analysis, Drought stress, Local landraces, Sesame

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-02-06]

[DOI: 10.29252/jcb.10.26.185]