

## ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف کنجد از نظر شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش در شرایط کم‌آبی

محمد نصرتی<sup>۱</sup>، محمدرضا مرادی تلاوت\*<sup>۲</sup>، علی مشتقی<sup>۲</sup> و مجید غلامحسینی<sup>۳</sup>

۱ و ۲ به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و اعضای هیات علمی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ۳ عضو هیات علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

### چکیده

به منظور مقایسه ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum* L.) با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش کم‌آبی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در تابستان سال ۱۳۹۷ اجرا شد. این آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح آبیاری (آبیاری کامل، آبیاری جویچه یک‌درمیان متناوب و آبیاری جویچه یک‌درمیان ثابت) در کرت‌های اصلی و شش ژنوتیپ کنجد در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سطوح مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری نشان داد. از جمله توده محلی شوشتر بیشترین عملکرد دانه و روغن را تولید نمود و در هر دوی شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری پایداری عملکرد خوبی از خود نشان داد. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های کنجد مورد مقایسه از لحاظ شاخص حساسیت به تنش (SSI)، شاخص تحمل (TOL)، میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هارمونیک (HM)، شاخص پایداری عملکرد (YSI)، شاخص رتبه‌بندی (RI)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص تحمل تنش تعدیل شده برای شرایط مطلوب (MSTI1)، شاخص تحمل تنش تعدیل شده برای شرایط نامطلوب (MSTI2) و شاخص کاهش عملکرد (YRI) تفاوت معنی‌دار داشتند. به طور کلی بهترین شاخص برای ارزیابی تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌های کنجد مورد بررسی در این آزمایش نسبت به تنش خشکی، شاخص تحمل تنش (STI) بود که بر اساس آن، متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها، به ترتیب ژنوتیپ‌های توده محلی شوشتر و هلیل بودند.

**واژه‌های کلیدی:** بیوماس، رتبه‌بندی، روغن، عملکرد، میانگین هندسی

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) گیاه دانه‌روغنی یکساله و گرمسیری است که با محتوای فراوان پروتئین (۲۰ تا ۲۸ درصد) و روغن (۴۸ تا ۵۵ درصد) در دانه ارزش خوراکی بالایی دارد (۱۳). کنجد گیاهی است یک ساله، بوته‌ای، با سیستم ریشه‌ای دارای رشد کامل، تحمل نسبی به خشکی و دارای تیپ‌های بوته‌ای متنوع است که نشان دهنده سازگاری بالای آن به تغییرات محیطی است. کنجد از دانه‌های روغنی مناطق گرم و نیمه‌گرم است که در طی دوره رشد خود با تنش‌های متعدد از جمله تنش خشکی مواجه می‌گردد. تنش می‌تواند بسته به میزان حساسیت در مرحله رشد گیاه، اثرات متفاوتی بر رشد، متابولیسم و عملکرد آن داشته باشد. از مجموع پتانسیل کاهش عملکرد گیاهان زراعی توسط تنش‌های غیرزنده، ۱۷ درصد مربوط به خشکی، ۲۰ درصد مربوط به شوری، ۲۰ درصد دمای بالا، ۱۵ درصد دمای پایین و ۸ درصد مربوط به سایر عوامل است (۳). یکی از برنامه‌های پژوهشی در مدیریت تنش خشکی در گیاهان، شناسایی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش خشکی است. به این منظور محققان شاخص‌های مختلفی پیشنهاد کرده‌اند (۱۱). محققین شاخص حساسیت به تنش (SSI) را به‌عنوان معیاری برای تشخیص ارقام حساس پیشنهاد کردند (۹). مقدار کمتر این شاخص، نشان دهنده تغییرات کمتر عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب و در نتیجه پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. با استفاده از این شاخص، ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش نسبت به محیط بدون تنش، کاهش عملکرد کمتری دارند، قابل تمایز هستند. براساس مقادیر محاسبه‌شده شاخص حساسیت به تنش، این شاخص با تغییرات عملکرد در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب، رابطه مستقیمی دارد، بنابراین در شرایط تنش، میزان کاهش عملکرد یک رقم نسبت در مقایسه با سایر ارقام را به خوبی نشان می‌دهد. به‌ر حال ممکن است رقمی که با استفاده از این شاخص، حساسیت و شیب تغییرات کمی برای عملکرد دانه داشته باشد، پتانسیل عملکرد کمی در شرایط مطلوب و تنش داشته و مناسب معرفی به‌عنوان رقم متحمل برای شرایط تنش نباشد. روزیله و هامبلین (۲۰) شاخص تحمل (TOL) را به‌عنوان شاخصی جهت تعیین تفاوت بین عملکرد در شرایط مناسب و شرایط تنش معرفی کردند. مقادیر بالاتر این شاخص نشانه حساسیت ژنوتیپ مورد بررسی به شرایط تنش است. بنابراین ژنوتیپ‌های متحمل بر اساس مقادیر کمتر این شاخص انتخاب می‌شوند. این شاخص، همانند شاخص حساسیت به تنش، قادر به تشخیص ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و غیر تنش از ارقام با عملکرد مناسب در شرایط غیر تنش نیست و انتخاب بر اساس این شاخص تنها سبب انتخاب ارقامی می‌شود که تحت شرایط بدون تنش، عملکرد پایین ولی در شرایط تنش عملکرد بالقوه بالایی دارند. همچنین این محققین میانگین بهره‌وری (MP) را به‌عنوان متوسط عملکرد در شرایط غیر تنش و تنش و میانگین هارمونیک (HM) را پیشنهاد کرده‌اند. با استفاده از این شاخص‌ها امکان تفکیک ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش عملکرد نسبی بالاتری

دارند، وجود دارد. شاخص بهره‌وری نیز به انتخاب ارقام با عملکرد بالقوه بالاتر و تحمل به تنش پایین‌تر، تمایل داشته و قادر به تشخیص ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و غیر تنش از ارقام با عملکرد مناسب در شرایط تنش، نیست و موجب انتخاب ارقامی می‌شود که در شرایط مطلوب عملکرد بالایی داشته ولی در شرایط نامطلوب عملکرد پایینی دارند. محققان برای تفکیک ارقام متحمل از حساس، شاخص پایداری عملکرد (YSI) را معرفی نمودند (۴). بر اساس این شاخص، ارقام متحمل شاخص پایداری عملکرد بالاتری دارند و با استفاده از تقسیم عملکرد در شرایط تنش بر عملکرد در شرایط مطلوب محاسبه می‌شود. محققان دیگری (۱۷) شاخص رتبه‌بندی (Rank) را برای تعیین ارقام متحمل پیشنهاد کردند، که بر اساس این شاخص، ارقام متحمل رتبه عملکرد بهتری در تمام شرایط دارند، یعنی هر چه شاخص عددی رقمی کمتر باشد، آن رقم متحمل‌تر است. بنابراین کلیه شاخص‌های فوق قادر به شناسایی ارقام با عملکرد بالا در محیط تنش و بدون تنش از ارقام با عملکرد بالا در محیط تنش نیستند. جهت تعیین عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط تنش و بدون تنش، شاخص تحمل تنش (STI) ارائه شده است (۸). ژنوتیپی که مقادیر STI بالاتری دارد، تحمل به تنش و پتانسیل عملکرد بالایی دارد و بر این اساس کلیه ژنوتیپ‌ها را می‌توان به چهار گروه طبقه‌بندی نمود. در این طبقه‌بندی گروه (A)؛ شامل ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد بالایی در هر دو شرایط بدون تنش و تنش دارند، گروه (B)؛ شامل ژنوتیپ‌هایی است که صرفاً عملکرد بالایی در شرایط بدون تنش دارند، گروه (C)؛ شامل ژنوتیپ‌هایی است که صرفاً عملکرد بالایی در شرایط تنش دارند و گروه (D)؛ شامل ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد ضعیفی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارند. محققان (۸) همچنین بیان کرد که گزینش بر اساس شاخص TOL عمدتاً منجر به شناسایی ژنوتیپ‌های گروه C می‌گردد و شاخص MP قابلیت شناسایی ژنوتیپ‌های گروه B را دارد ولی در تفکیک گروه A از گروه B کارایی ندارد. همچنین هنگامی که اختلاف نسبی زیادی بین عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط عادی و تنش باشد، شاخص MP آریبی به سمت عملکرد در شرایط عادی دارد. بنابراین برای رفع این مشکل شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) را معرفی کردند (۸). شاخص STI بر اساس GMP بنا نهاده شده است و با آن همبستگی نزدیک و مثبتی دارد (۸).

برخی محققین شاخص STI را مناسب‌ترین شاخص برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل گزارش کردند (۱ و ۱۹). در تحقیقات دیگری بر روی گیاهان گل‌رنگ و کلزا شاخص‌های STI، MP و GMP همبستگی مثبت و بالایی با عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش داشته و به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شدند (۱۸، ۲۱ و ۲۲). در مطالعه دیگری روی ارقام گندم در اهواز ارقام اروند و ویریناک هم در شرایط مناسب و هم در شرایط تنش گرمایی محصول قابل قبولی تولید کردند (گروه A)، ارقام چمران،

بیات، دز، کویر، هیرمند، پیشناز، S-8018، چناب، فلات و هامون، مناسب شرایط مطلوب بودند (گروه B)، ارقام مارون و اترک مناسب تنش گرمای آخر فصل بودند (گروه C) و ارقام بولانی، داراب ۲، استار، اینیا ۶۶، شعله و روشن در هر دو محیط عملکرد پایینی داشتند (گروه D) (۱۴). محققین دیگری در بررسی تنوع ژنوتیپ‌های کنجد و استفاده همزمان از شاخص‌های تنش و صفات مرفولوژیک جهت انتخاب در شرایط خشکی بیان کردند که ژنوتیپ‌های اولتان و کرج ۱ به عنوان ژنوتیپ‌های برتر در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط کم‌آب بودند و همچنین می‌توانند جهت برنامه‌های اصلاح ژنتیکی مورد استفاده قرار گیرند (۱۱). در آزمایش دیگری روی توده‌های گندم نان، ژنوتیپ ۱۶ بیشترین مقدار عددی شاخص‌های STI (۱/۳۶)، MP (۶/۶۸)، GMP (۶/۱۷) و HM (۵/۷) و ژنوتیپ ۲۴ کمترین مقدار عددی شاخص‌های TOL (۰/۳۴) و SSI (۰/۲۰) را داشتند (۱۶).

بخش زیادی اراضی ایران در نواحی خشک و نیمه خشک واقع شده است، تعیین تحمل نسبی به خشکی در گیاهان زراعی از جمله کنجد اهمیت زیادی دارد. با این حال تاکنون مطالعاتی جهت ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های کنجد با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت نسبت به تنش کم آبی در منطقه خوزستان صورت نگرفته است لذا این تحقیق با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های کنجد متحمل به تنش کم آبی توسط شاخص‌های مقایسه تحمل و حساسیت ارقام نسبت به تنش‌های محیطی طراحی و اجرا شد.

#### مواد و روش‌ها

آزمایش به منظور مقایسه ژنوتیپ‌های کنجد با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش کم آبی در تابستان سال ۱۳۹۶ در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۵ کیلومتری شمال اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۴ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا، به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل سطوح آبیاری (آبیاری کامل، آبیاری یک‌درمیان متناوب و آبیاری یک‌درمیان ثابت) به عنوان کرت‌های اصلی و شش ژنوتیپ کنجد (داراب، ناز تک شاخه، هلیل، یلوویت، دشتستان و توده محلی شوشتر (جدول ۱)) به عنوان کرت‌های فرعی ارزیابی شدند. در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت، آبیاری یک‌درمیان جویچه‌ها در همه نوبت‌های آبیاری تا انتهای آزمایش به نحوی انجام شد که جویچه‌ها یک‌درمیان به صورت یک‌درمیان آبیاری شدند، به نحوی که جویچه‌ها به صورت یک‌درمیان از آغاز تا انتها خشک

و بدون آبیاری بودند. در حالی که در سطح تیماری بعدی، در هر نوبت آبیاری یک‌درمیان جویچه‌ها متفاوت از نوبت آبیاری قبلی بود.

جدول ۱- ویژگی‌های ارقام مورد بررسی

رقم	خاستگاه	سال معرفی	نوع شاخه‌دهی
داراب	استان فارس (انتخاب لاین خالص از توده محلی داراب)	۱۳۸۸	چندشاخه
دشتستان	استان بوشهر (انتخاب لاین خالص از توده محلی دشتستان)	۱۳۸۵	چندشاخه
هلیل	استان کرمان (انتخاب لاین خالص از توده محلی جیرفت)	۱۳۹۲	چندشاخه
یلوایت	چین	۱۳۸۵	چندشاخه
ناز تک‌شاخه	استان مازندران (انتخاب و اصلاح از توده محلی مازندران)	۱۳۸۰	تک‌شاخه
محلی شوشتر	استان خوزستان (شهرستان شوشتر)	-	چندشاخه

بذرهای ضدعفونی شده کنگد در عمق حدود ۲ سانتی‌متری به‌صورت مسطح در کف شیار قرار گرفت. عملیات کاشت به‌صورت دستی در نیمه دوم تیر با تراکم ۴۰ بوته در متر مربع انجام شد. لازم به ذکر است که کود نیتروژن در سه دوره و هر دوره به میزان ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، به‌صورت سرک استفاده شد. هر کرت شامل ۶ ردیف کشت به فواصل ۵۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی روی ردیف ۵ سانتی‌متر با تراکم ۴۰ بوته در متر مربع خواهد بود. اولین آبیاری پلافاصله پس از کاشت و سایر نوبت‌های آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به صورت جویچه‌ای انجام شد (مهرابی و احسانزاده، ۱۳۹۰). طول کرت ۴ متر و عرض کرت ۳ متر، فاصله‌ی بین دو بلوک ۲ متر و فاصله‌ی تکرارها از همدیگر ۲ متر بود. در این مطالعه شاخص حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، میانگین بهروری (MP) و میانگین هارمونیک (HM)، شاخص پایداری عملکرد (YSI)، شاخص رتبه‌بندی (RI)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص تحمل تنش تعدیل‌شده برای شرایط مطلوب (MSTI1) و شاخص تحمل تنش تعدیل‌شده برای شرایط نامطلوب (MSTI2) و شاخص کاهش عملکرد (YRI) برای عملکرد دانه با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (۱، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۱ و ۲۲).

$$\text{SSI} = [1 - (Y_s / Y_p)] / [1 - (Y'_s - Y'_p)] \quad \text{رابطه (۱):}$$

$$\text{TOL} = Y_p - Y_s \quad \text{رابطه (۲):}$$

$$\text{MP} = (Y_p + Y_s) / 2 \quad \text{رابطه (۳):}$$

$$HM=(2Y_p.Y_s)/(Y_p+Y_s) \quad \text{رابطه (۴):}$$

$$YSI=Y_s/Y_p \quad \text{رابطه (۵):}$$

$$Rank=\sum R_n \quad \text{رابطه (۶):}$$

$$GPM=(Y_p.Y_s)^{1/2} \quad \text{رابطه (۷):}$$

$$STI=(Y_s.Y_p)/Y_p^2 \quad \text{رابطه (۸):}$$

$$YI=Y_s/Y'_s \quad \text{رابطه (۹):}$$

$$MSTI1=(Y_p^2/Y'_p^2).STI \quad \text{رابطه (۱۰):}$$

$$MSTI2=(Y_s^2/Y'_s^2).STI \quad \text{رابطه (۱۱):}$$

$$YRI=[(Y_p-Y_s)/Y_p].100 \quad \text{رابطه (۱۲):}$$

در روابط فوق  $Y_p$ ،  $Y_s$ ،  $Y'_p$  و  $Y'_s$  به ترتیب یعنی میانگین عملکرد دانه هر رقم تحت شرایط مناسب (آبیاری کامل)، میانگین عملکرد دانه هر رقم تحت شرایط تنش خشکی (آبیاری یک در میان ثابت)، میانگین عملکرد تمام ارقام تحت شرایط مناسب (آبیاری کامل)، میانگین عملکرد تمام ارقام تحت شرایط تنش خشکی (آبیاری یک در میان ثابت) و میانگین رتبه رقم مورد نظر در شرایط مختلف است. برداشت در نیمه دوم مهرماه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی جهت محاسبه عملکرد نهایی دانه و عملکرد بیولوژیک از دو خط کاشت وسطی با رعایت نیم متر حاشیه از طرفین انجام شد. عملکرد دانه بر مبنای رطوبت دانه ۹ درصد محاسبه شد. درصد روغن دانه به روش سوکسله اندازه گیری شد و بر این اساس عملکرد روغن با استفاده از حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد روغن دانه محاسبه گردید. تجزیه واریانس عملکرد به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی انجام شد و مقایسه میانگین این صفات بر اساس روش برش دهی صورت گرفت. در خصوص شاخص های حساسیت و تحمل ژنوتیپ های مورد بررسی، آنالیز آماری در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و مقایسه میانگین به روش LSD در سطح احتمال خطای ۵ درصد و همچنین ضریب همبستگی پیرسون و نیز توزیع دو طرفه توسط نرم افزار SAS 9.4 انجام شد.

## نتایج و بحث

### عملکرد دانه، بیولوژیک و روغن در واحد سطح

## نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

عملکرد دانه تحت اثر متقابل معنی دار تیمارهای آبیاری و رقم قرار گرفت. در تیمار آبیاری کامل بیشترین عملکرد دانه در رقم داراب (۱۰۷۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که البته با عملکرد دانه در رقم دشتستان و توده محلی شوشتر تفاوت معنی داری نداشت. در تیمار آبیاری یک در میان متناوب نیز بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در رقم دشتستان (۹۳۵ کیلوگرم در هکتار) و رقم هلیل (۱۸۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. اما در تیمار آبیاری یک در میان ثابت بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در توده محلی شوشتر (۶۱۴ کیلوگرم در هکتار) و رقم هلیل (۷۲ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۳). یافته‌های این پژوهش با اثبات تأثیر معنی داری رقم بر روی تفاوت در کاهش عملکرد اثبات می‌کند که مقاومت نسبت به کاهش عملکرد بر اثر تنش خشکی در ارقام مختلف متفاوت است. محققان دیگری نیز تفاوت واکنش عملکرد ژنوتیپ‌ها به کمبود آب را گزارش کردند که با یافته‌های این آزمایش مطابقت داشت (۱).

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌ها در هر سطح آبیاری به روش برش‌دهی فیزیکی

ژنوتیپ	سطوح آبیاری		
	آبیاری کامل	آبیاری یک در میان متناوب	آبیاری یک در میان ثابت
داراب	۱۰۷۱/۷۷ <sup>a</sup>	۸۸۷/۱۱ <sup>a</sup>	۴۴۹/۳۲ <sup>b</sup>
ناز تک شاخه	۶۸۹/۴۲ <sup>c</sup>	۶۲۱/۲۸ <sup>b</sup>	۲۱۳/۳۳ <sup>c</sup>
هلیل	۳۲۴/۳۰ <sup>d</sup>	۱۸۵/۴۴ <sup>d</sup>	۷۱/۷۷ <sup>d</sup>
یلوویت	۹۷۰/۷۳ <sup>b</sup>	۴۶۸/۷۲ <sup>c</sup>	۲۷۹/۷۸ <sup>c</sup>
دشتستان	۱۰۳۶/۳۳ <sup>ab</sup>	۹۳۶/۴۵ <sup>a</sup>	۵۹۳/۲۹ <sup>a</sup>
توده محلی شوشتر	۱۰۵۷/۱۶ <sup>ab</sup>	۹۲۱/۱۳ <sup>a</sup>	۶۱۳/۷۰ <sup>a</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری با همدیگر ندارند

عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌ها نیز در سطوح مختلف آبیاری اختلاف معنی داری با همدیگر داشتند. در سطح آبیاری کامل بیشترین عملکرد بیولوژیک در رقم دشتستان (۳۸۸۴ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که با عملکرد بیولوژیک رقم داراب و توده محلی شوشتر در همین تیمار آبیاری تفاوت معنی داری نداشت. همچنین بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری یک در میان متناوب و یکی در میان ثابت در توده محلی شوشتر (آبیاری متناوب و ثابت به ترتیب برابر ۳۳۷۵ و ۳۱۵۶۷ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. کمترین میزان عملکرد بیولوژیک در آبیاری متناوب و ثابت نیز در رقم یلوویت (آبیاری متناوب و ثابت به

## نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

ترتیب برابر ۲۴۱۹ و ۲۱۹۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۳). سایر محققان نیز کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در اثر کمبود آب در ژنوتیپ‌های مختلف را گزارش و بر اهمیت مقایسه ژنوتیپ‌ها تاکید کردند (۲).

اثر متقابل سطوح آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد روغن معنی‌دار شد. در سطح آبیاری نرمال، بیشترین عملکرد دانه در توده محلی شوشتر، و ژنوتیپ‌های داراب و دشتستان به دست آمد (جدول ۴). در سطح آبیاری یک‌درمیان متناوب نیز سه ژنوتیپ مذکور بدون اختلاف معنی‌دار بیشترین عملکرد روغن را داشتند. با این حال، در سطح آبیاری یک‌درمیان ثابت، توده محلی شوشتر به تنهایی بیشترین عملکرد روغن (۱۹۲ کیلوگرم در هکتار) را داشت. با وجود افزایش اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در روش‌های آبیاری یک‌درمیان، ژنوتیپ هلیل در همه سطوح کمترین عملکرد را داشت. با توجه به این موضوع، توده محلی شوشتر با عملکرد بالاتر در سطح آبیاری نرمال، بیشترین پایداری عملکرد را نیز داشت. اما ژنوتیپ‌های داراب و دشتستان در سطوح کم‌آبیاری پایداری کمتری از خود نشان دادند. در مجموع ضروری است تا این ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش مقایسه شوند. این موضوع قبلاً در مورد گیاه گلرنگ توسط سایر محققان مورد تاکید قرار گرفته بود (۱).

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌ها در هر سطح آبیاری به روش برش‌دهی فیزیکی

ژنوتیپ	سطوح آبیاری		
	آبیاری کامل	آبیاری یک در میان متناوب	آبیاری یک در میان ثابت
داراب	۳۸۱۸/۳ <sup>a</sup>	۲۷۷۰/۶ <sup>cd</sup>	۲۸۵۷/۱ <sup>ab</sup>
ناز تک شاخه	۳۱۷۰/۲ <sup>b</sup>	۲۶۷۶/۸ <sup>cd</sup>	۲۶۰۴/۸ <sup>bc</sup>
هلیل	۲۸۱۹/۹ <sup>b</sup>	۲۹۵۲/۴ <sup>bc</sup>	۲۳۷۸/۵ <sup>cd</sup>
یلوایت	۳۰۰۵/۶ <sup>b</sup>	۲۴۱۹/۰ <sup>d</sup>	۲۱۹۱/۸ <sup>d</sup>
دشتستان	۳۸۸۳/۸ <sup>a</sup>	۳۲۶۰/۲۶ <sup>ab</sup>	۲۸۹۵/۵ <sup>ab</sup>
توده محلی شوشتر	۳۷۳۹/۹ <sup>a</sup>	۳۳۷۵/۴ <sup>a</sup>	۳۱۵۶/۷ <sup>a</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) ژنوتیپ‌ها در هر سطح آبیاری به روش برش‌دهی فیزیکی

ژنوتیپ	سطوح آبیاری		
	آبیاری کامل	آبیاری یک در میان متناوب	آبیاری یک در میان ثابت



## نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

۱۲۳/۹۹ <sup>c</sup>	۳۰۸/۰۲ <sup>a</sup>	۳۹۲/۳۴ <sup>ab</sup>	داراب
۵۷/۰۳ <sup>d</sup>	۲۰۲/۷۹ <sup>b</sup>	۲۴۰/۷۲ <sup>c</sup>	ناز تک شاخه
۱۸/۷۹ <sup>e</sup>	۵۰/۷۴ <sup>d</sup>	۱۰۸/۹۶ <sup>d</sup>	هلیل
۷۵/۸۱ <sup>d</sup>	۱۵۵/۵۰ <sup>c</sup>	۳۵۶/۳۸ <sup>b</sup>	یلوایت
۱۶۴/۸۴ <sup>b</sup>	۳۱۰/۱۳ <sup>a</sup>	۳۸۰/۰۷ <sup>ab</sup>	دشتستان
۱۹۲/۶۰ <sup>a</sup>	۳۲۲/۹۲ <sup>a</sup>	۴۰۱/۶۵ <sup>a</sup>	توده محلی شوشتر

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند

تجزیه واریانس شاخص‌های مقایسه تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌های کنجد نشان داد که اختلاف ژنوتیپ‌های مورد مقایسه از نظر تمامی شاخص‌های محاسبه‌شده معنی‌دار بود (جدول ۵). با این حال، ضریب تغییرات محاسبه شده برای شاخص‌ها نشان داد که شاخص‌های SSI، MP، HM، GMP و YRI با نوسانات به ترتیب ۸/۸۰، ۶/۹۲، ۹/۴، ۷/۷۵ و ۸/۷۹ درصد، دقیق‌ترین شاخص‌ها بوده و شاخص‌های MSTI1 و MSTI2 با تغییرات به ترتیب ۲۲/۸۴ و ۵۷/۳۶ درصد کم دقت‌ترین شاخص‌ها بودند که علت آن، استفاده چند نوبته از یک صفت و ترکیب چندین صفت در قالب یک فرمول است که به تکرار خطاهای آن‌ها در فرمول، کاهش ارزش این دو شاخص و عدم توانایی آنها در شناسایی و تفکیک مناسب ژنوتیپ‌های متحمل و حساس منجر شد. در حالی که سایر شاخص‌ها ضریب تغییرات منطقی (زیر ۱۵ درصد) داشتند (جدول ۶). لذا بر اساس نتایج تجزیه واریانس، به غیر از شاخص‌های MSTI1 و MSTI2، بقیه شاخص‌ها از نظر دقت (CV ≤ ۱۵٪) برای تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی مناسب بودند. بنابراین در انتخاب رقم برای منطقه، باید شاخص‌های دقیق مورد توجه بیشتری قرار گیرند.

**شاخص حساسیت به تنش (SSI):** مقایسه میانگین شاخص حساسیت به تنش ژنوتیپ‌ها (جدول ۶) نشان داد که رقم هلیل (۱/۳۷۲) بیشترین حساسیت (کمترین تحمل) و رقم دشتستان (۰/۷۵۲) و توده محلی شوشتر (۰/۷۴۰) کمترین حساسیت (بیشترین تحمل) را داشتند (جدول ۶). یعنی توده محلی شوشتر تغییرات عملکرد کمی در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب داشته و در نتیجه پایداری عملکرد بالاتری دارد. در این رابطه محققین با بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و شاخص‌های حساسیت به تنش ارقام کنجد در سه سطح آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی، ۵۰ درصد نیاز آبی و بدون تنش در مرکز تحقیقات کشاورزی پارس آباد اعلام کردند که در شرایط آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی، رقم یلوایت بیشترین شاخص حساسیت به تنش (۱/۶۷۱) و رقم IS کمترین شاخص (۰/۷۰۷) را داشتند (۶). همچنین در یک مطالعه دیگر نیز با بررسی ژنوتیپ‌های

کنجد تحت تنش در دشت مغان اعلام کردند که رقم مغان ۱۷ بیشترین شاخص حساسیت به تنش (۱/۶۸) و رقم داراب ۱۴ کمترین شاخص (۰/۳۰) را داشتند (۱۱).

**شاخص تحمل (TOL):** بیشترین شاخص تحمل به تنش، مربوط به رقم یلووایت (۶۹۰/۹۵) و داراب (۶۲۲/۴۵) و کمترین مقدار این شاخص به رقم هلیل (۲۵۲/۵۳) بود (جدول ۶). با توجه به اینکه هر چه این شاخص کمتر باشد، آن ژنوتیپ متحمل تر است، لذا رقم هلیل با توجه به این شاخص متحمل ترین ژنوتیپ بود یعنی در این رقم تغییرات عملکرد در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش کمتر بود. شاید بهتر است که اسم این شاخص به شاخص حساسیت تغییر داده شود تا اسم آن با مفهوم تغییرات عددی آن مطابقت داشته باشد (۱۶).

**میانگین بهره‌وری (MP):** با توجه به این شاخص توده محلی شوشر بالاترین میانگین بهره‌وری (۸۴۵/۴۳) و رقم هلیل کمترین میانگین بهره‌وری (۱۹۸/۰۳) را داشتند (جدول ۶). یعنی توده محلی شوشر متوسط عملکرد بالاتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشت، ولی رقم هلیل هم در شرایط مناسب و هم در شرایط تنش خشکی عملکرد کمی داشته و لذا میانگین بهره‌وری پایینی دارد.

**میانگین هارمونیک (HM):** بر اساس این شاخص، بیشترین مقدار میانگین هارمونیک به توده محلی شوشر (۷۷۴/۴۷) و دشتستان (۷۵۴/۲۳) و کمترین مقادیر آن به رقم هلیل (۱۱۷/۲۸) تعلق داشت (جدول ۶). از نظر تشخیص ژنوتیپ متحمل، نتایج این شاخص با شاخص حساسیت به تنش و میانگین بهره‌وری مطابقت داشت.

**شاخص پایداری عملکرد (YSI):** این شاخص نشان داد که توده محلی شوشر (۰/۵۸) و دشتستان (۰/۵۷) بیشترین پایداری عملکرد را داشتند. از طرف دیگر، رقم هلیل (۰/۲۲) کمترین پایداری عملکرد در بین ژنوتیپ‌ها را داشت (جدول ۶).

**شاخص رتبه بندی (Rank):** در این شاخص ژنوتیپ متحمل رتبه عددی بالاتری دارد، لذا در اینجا رقم هلیل با رتبه ۱/۰۰ به عنوان حساس ترین رقم مشخص شد و توده محلی شوشر و رقم داراب با داشتن رتبه ۵/۰۰ به عنوان متحمل ترین ژنوتیپ تعیین شدند. به عبارت دیگر رقم هلیل میانگین رتبه (عملکرد) کمتری در سطوح مختلف تنش خشکی داشت، لذا نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها، پایداری عملکرد پایین تری در شرایط مختلف داشت (جدول ۶).

**میانگین بهره‌وری هندسی (GMP):** این شاخص میانگین هندسی ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط تنش و غیر تنش را محاسبه می‌کند که بر اساس آن توده محلی شوشر و رقم دشتستان بیشترین شاخص (به ترتیب ۸۰۴/۳۰ و ۷۸۳/۹۲) و بیشترین

تحمل را داشتند. در حالی که رقم هلیل (۱۵۲/۲۹) کمترین میانگین بهره‌وری هندسی و کمترین تحمل نسبت به تنش خشکی را داشت (جدول ۶).

**شاخص تحمل تنش (STI):** بر اساس این شاخص ژنوتیپ‌هایی که در شرایط مناسب و همچنین در شرایط تنش عملکرد بالاتری داشتند، مقدار عددی بالاتری دارند، لذا هر چه مقدار عددی آن بزرگتر باشد، آن ژنوتیپ متحمل‌تر است. مقایسه میانگین نشان داد که این شاخص بین ۰/۸۸ و ۰/۰۳ برای ژنوتیپ‌های مختلف متغیر بود که بر اساس آن توده محلی شوشتر (۰/۸۸) بیشترین تحمل (کمترین حساسیت) و رقم هلیل (۰/۰۳) کمترین تحمل (بیشترین حساسیت) نسبت به تنش خشکی را داشتند (جدول ۶). به نظر می‌رسد که با توجه به اینکه توده محلی شوشتر بومی این منطقه بوده و به نواحی گرمسیری سازگاری دارد به خوبی توانسته نسبت به تنش خشکی تحمل نشان دهد و در نتیجه کمترین نوسان عملکرد را داشت. در این رابطه

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص‌های مقایسه ژنوتیپ‌های کنگد از نظر تحمل و حساسیت به تنش خشکی

منبع تغییر	df	میانگین مربعات (MS)													
		Yp	Ys	SSI	TOL	MP	HM	YSI	Rank	GMP	STI	YI	MSTI1	MSTI2	YRI
بلوک	۳	۵۸۵۶	۱۸۶۳	۰/۰۰۴	۳۴۳۲	۳۰۰۶	۲۴۱۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰	۲۵۷۷	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۸	۱۴/۲
ژنوتیپ	۵	۳۵۴۵۰۵**	۱۸۹۷۲۹**	۰/۲۸**	۹۵۰۸۸**	۲۴۸۳۴۵**	۲۷۱۱۹۶**	۰/۰۹**	۱۲/۰۲**	۲۶۱۵۲۰**	۰/۴۸۹**	۱/۳۸**	۱/۳۱**	۴/۹۹**	۹۱۴**
خطا	۱۵	۳۷۲۰	۲۵۴۲	۰/۰۱	۵۲۹۳	۱۸۰۸	۲۲۸۲	۰/۰۰۲	۰/۱۵	۱۸۵۹	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۳۳	۲۷/۹
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۱	۱۳/۶	۸/۸	۱۴/۹	۶/۹	۹/۴	۱۳/۶	۱۱/۴	۷/۸	۱۶/۶	۱۳/۶	۲۲/۸	۵۷/۳۶	۸/۸

\* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و یک درصد

Yp: عملکرد در شرایط مطلوب، Ys: عملکرد در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: تحمل، MP: میانگین بهره‌وری، HM: میانگین هارمونیک، YSI: شاخص پایداری عملکرد، Rank:

شاخص رتبه‌بندی، GMP: میانگین بهره‌وری هندسی، STI: شاخص تحمل به تنش، YI: شاخص عملکرد، MSTI1: شاخص تحمل تنش تعدیل‌شده برای شرایط مطلوب، MSTI2: شاخص تحمل تنش

تعدیل‌شده برای شرایط نامطلوب و YRI: شاخص کاهش عملکرد

پایان انتشار

جدول ۶- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های کنجد از نظر شاخص‌های مقایسه تحمل و حساسیت نسبت به تنش خشکی

ژنوتیپ	Yp	Ys	SSI	TOL	نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی				GMP	STI	YI	MSTI1	MSTI2	YRI
					MP	HM	YSI	Rank						
داراب	۱۰۷۲ <sup>a</sup>	۴۴۹ <sup>b</sup>	۱/۰۳ <sup>c</sup>	۶۲۲ <sup>a</sup>	۷۶۱ <sup>b</sup>	۶۳۲ <sup>b</sup>	۰/۴۲ <sup>b</sup>	۵/۰ <sup>a</sup>	۶۹۳ <sup>b</sup>	۰/۶۵ <sup>b</sup>	۱/۲۱ <sup>b</sup>	۱/۰۳ <sup>b</sup>	۱/۰ <sup>b</sup>	۵۲ <sup>c</sup>
ناز تک شاخه	۶۸۹ <sup>c</sup>	۲۱۳ <sup>c</sup>	۱/۲۱ <sup>b</sup>	۴۷۶ <sup>b</sup>	۴۵۱ <sup>d</sup>	۳۲۴ <sup>d</sup>	۰/۳۱ <sup>c</sup>	۲/۰ <sup>c</sup>	۳۸۲ <sup>d</sup>	۰/۲۰ <sup>d</sup>	۰/۵۷ <sup>c</sup>	۰/۱۴ <sup>d</sup>	۰/۰۷ <sup>c</sup>	۶۹ <sup>b</sup>
هلیل	۳۲۴ <sup>d</sup>	۷۲ <sup>d</sup>	۱/۳۷ <sup>a</sup>	۲۵۳ <sup>c</sup>	۱۹۸ <sup>c</sup>	۱۱۷ <sup>c</sup>	۰/۲۲ <sup>d</sup>	۱/۰ <sup>d</sup>	۱۵۳ <sup>c</sup>	۰/۰۳ <sup>c</sup>	۰/۱۹ <sup>d</sup>	۰/۰۰ <sup>d</sup>	۰/۰۰ <sup>c</sup>	۷۸ <sup>a</sup>
یلوایت	۹۷۰ <sup>b</sup>	۲۸۰ <sup>c</sup>	۱/۲۵ <sup>ab</sup>	۶۹۱ <sup>a</sup>	۶۲۵ <sup>c</sup>	۴۳۴ <sup>c</sup>	۰/۲۹ <sup>cd</sup>	۳/۱ <sup>b</sup>	۵۲۰ <sup>c</sup>	۰/۳۷ <sup>c</sup>	۰/۷۵ <sup>c</sup>	۰/۴۹ <sup>c</sup>	۰/۲۱ <sup>bc</sup>	۷۱ <sup>ab</sup>
دشتستان	۱۰۳۶ <sup>ab</sup>	۵۹۳ <sup>a</sup>	۰/۷۵ <sup>b</sup>	۴۴۳ <sup>b</sup>	۸۱۵ <sup>ab</sup>	۷۵۴ <sup>a</sup>	۰/۵۷ <sup>a</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۷۸۴ <sup>a</sup>	۰/۸۳ <sup>a</sup>	۱/۶۰ <sup>a</sup>	۱/۲۲ <sup>ab</sup>	۲/۲۵ <sup>a</sup>	۴۳ <sup>d</sup>
توده محلی شوشتر	۱۰۵۷ <sup>ab</sup>	۶۱۴ <sup>a</sup>	۰/۷۴ <sup>d</sup>	۴۴۳ <sup>b</sup>	۸۳۵ <sup>a</sup>	۷۷۵ <sup>a</sup>	۰/۵۸ <sup>a</sup>	۵/۰ <sup>a</sup>	۸۰۴ <sup>a</sup>	۰/۸۸ <sup>a</sup>	۱/۶۵ <sup>a</sup>	۱/۳۵ <sup>a</sup>	۲/۵۶ <sup>a</sup>	۴۲ <sup>d</sup>

در هر ستون میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، در سطح پنج درصد اختلاف آماری معنی‌دار ندارند.

Yp: عملکرد در شرایط مطلوب، Ys: عملکرد در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: تحمل، MP: میانگین بهره‌وری، HM: میانگین هارمونیک، YSI: شاخص پایداری عملکرد، Rank:

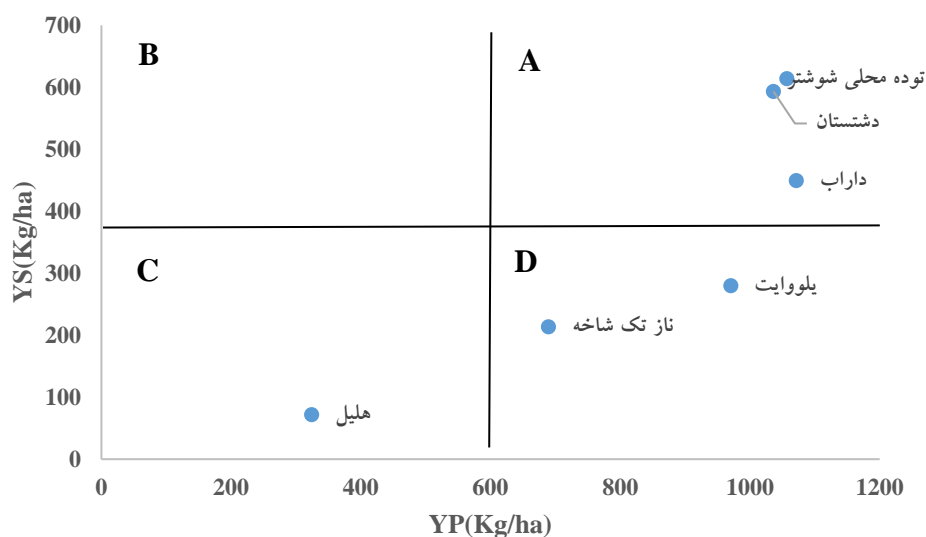
شاخص رتبه‌بندی، GMP: میانگین بهره‌وری هندسی، STI: شاخص تحمل به تنش، YI: شاخص عملکرد، MSTI1: شاخص تحمل تنش تعدیل‌شده برای شرایط مطلوب، MSTI2: شاخص تحمل تنش

تعدیل‌شده برای شرایط نامطلوب و YRI: شاخص کاهش عملکرد

## نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

محققان در آزمایشی جهت گزینش مطلوب-تر ژنوتیپ‌های متحمل کلزا می-توان از شاخص‌های ذکرشده استفاده کرد. شاخص‌های MP (میانگین بهره-وری)، GMP (میانگین بهره-وری هندسی) و STI (شاخص تحمل تنش) مناسب-ترین شاخص‌های کمی تحمل به تنش خشکی در تیمارهای مورد مطالعه بود (۲). همچنین محققان دیگری نیز با بررسی ژنوتیپ‌های کنجد تحت تنش در دشت مغان اعلام کردند که رقم کرج ۱ بیشترین شاخص تحمل تنش (۱/۲۰) و رقم Indian-12 کمترین شاخص (۰/۴۲) را داشتند (۶).

توزیع دو طرفه ارقام بر حسب عملکرد در شرایط مناسب و شرایط نامناسب (آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت): محققان نشان دادند که توزیع دو طرفه ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌تواند مبنای یک تقسیم‌بندی شود که ژنوتیپ‌ها را بر اساس پایداری عملکرد در شرایط نامطلوب در مقایسه با شرایط مطلوب دسته‌بندی نماید (۱). در مطالعه حاضر نیز بر اساس این توزیع (شکل ۱) نشان داد که توده محلی شوشتر و رقم دشتستان و داراب هم در شرایط مناسب و هم در شرایط تنش محصول قابل قبولی تولید کردند (گروه A)، رقم هلیل مناسب تنش خشکی بود (گروه C) و ارقام یلووایت و ناز تک شاخه در هر دو محیط عملکرد پایینی داشتند (گروه D). همچنین هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌ها در گروه B قرار نگرفتند (جدول ۶).



شکل ۱- توزیع دو طرفه ارقام کنجد بر حسب عملکرد در شرایط مناسب (YP) و تنش خشکی (YS)

**شاخص عملکرد (YI):** از نظر این شاخص توده محلی شوستر (۱/۶۵)، رقم دشتستان (۱/۶۰) و رقم داراب (۱/۲۰) عملکرد بالاتری در مقایسه با بقیه ارقام نسبت به میانگین عملکرد تمام ارقام در شرایط تنش خشکی داشتند. از طرف دیگر ارقام هلیل (۰/۱۹) و ناز تک شاخه (۰/۵۷) کمترین شاخص عملکرد را به خود اختصاص دادند، یعنی این ارقام در شرایط تنش خشکی نسبت به میانگین عملکرد سایر ارقام، تولید کمتر و حساسیت بالایی داشتند (جدول ۶).

**شاخص تحمل تنش تعدیل شده برای شرایط مطلوب (MST1):** این شاخص، شاخص تحمل تنش فرناندز را برای مناطق با شرایط اقلیمی مطلوب تعدیل می‌کند. به عنوان مثال، توده محلی شوستر و رقم دشتستان بر اساس شاخص فرناندز به ترتیب شاخص ۰/۸۸ و ۰/۸۳ داشتند، ولی بر اساس این شاخص این ژنوتیپ‌ها شاخص‌های به ترتیب ۱/۳۴۷ و ۱/۲۱۷ داشتند. همچنین بر اساس این شاخص توده محلی شوستر (۱/۳۴۷) بیشترین تحمل و رقم هلیل (۰/۰۰۲) و ناز تک شاخه (۰/۱۳۵) کمترین تحمل به تنش خشکی را داشتند (جدول ۶).

**شاخص تحمل تنش تعدیل شده برای شرایط نامطلوب (MST2):** این شاخص، شاخص تحمل تنش فرناندز را برای مناطق با شرایط اقلیمی نامطلوب تعدیل می‌کند. در برخی ژنوتیپ‌ها نتایج حاصل از این شاخص به نتایج شاخص تحمل فرناندز نزدیک بود. بر اساس این شاخص توده محلی شوستر (۲/۵۶) و رقم دشتستان (۲/۲۵) بیشترین تحمل و ارقام هلیل (۰/۰۰) و ناز تک شاخه (۰/۰۷) کمترین تحمل را داشتند (جدول ۶).

**شاخص کاهش عملکرد (YRI):** بر اساس این شاخص، رقم هلیل با ۷۸/۰۱ درصد کاهش عملکرد حساس‌ترین رقم و توده محلی شوستر با ۴۲/۰۵ درصد کاهش عملکرد، متحمل‌ترین ژنوتیپ بود. یعنی توده محلی شوستر در تنش خشکی توانست عملکرد نسبی بالاتری تولید کرده و نسبت به تنش خشکی این منطقه متحمل‌تر بود (جدول ۶).

**همبستگی بین میانگین عملکرد دانه و شاخص‌های حساسیت و تحمل محاسبه شده برای ژنوتیپ‌ها:** بررسی ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص‌های حساسیت و تحمل تنش خشکی نشان داد که بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط مناسب و شرایط تنش همبستگی معنی داری وجود داشت (جدول ۷) و این امر نشان می‌دهد که واکنش ژنوتیپ‌ها به دو تیمار آبیاری نرمال و آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت مشابه بود و ژنوتیپ‌های مناسب در شرایط مطلوب با ژنوتیپ‌های



## نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

سازگار به شرایط نامطلوب در مطالعه حاضر یکسان بودند. همچنین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش بیشترین همبستگی را با شاخص میانگین بهره وری (MP) و شاخص بهره‌وری هندسی (GMP) (به ترتیب برابر با ۰/۹۷ و ۰/۹۳) داشت، در حالی که عملکرد دانه در شرایط تنش بیشترین همبستگی را با شاخص‌های STI و YI (برابر با ۰/۹۹) داشت. بنابراین در شرایط مطلوب و یا نامطلوب می‌توان از این شاخص‌ها برای تعیین ژنوتیپ‌های حساس و متحمل استفاده کرد. در بین شاخص‌ها، شاخص SSI با شاخص TI همبستگی معنی داری نداشت و با سایر شاخص‌ها به جز شاخص Rank همبستگی منفی و معنی داری دارد. همچنین شاخص STI و شاخص MSTI1 و نیز شاخص MSTI1 و MSTI2 همبستگی منفی و معنی داری با هم نشان دادند (جدول ۷).

### نتیجه‌گیری

به طور کلی در مناطق در معرض تنش ژنوتیپ‌هایی مطلوب‌تر هستند که در صورت کاشت در شرایط مناسب عملکرد بالایی تولید کنند و در صورت مواجه شدن با تنش، کاهش عملکرد زیادی نداشته باشند (ژنوتیپ‌های گروه A در تقسیم بندی فرناندز). با توجه به اینکه شاخص تحمل تنش فرناندز (STI) توانایی تشخیص این ژنوتیپ‌ها را دارد، لذا در شرایط آب و هوایی این مناطق، استفاده از این شاخص برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس پیشنهاد می‌شود. در این مطالعه بر اساس این شاخص، توده محلی شوشتر (۰/۸۸) بیشترین تحمل (کمترین حساسیت) و رقم هلیل (۰/۰۳) کمترین تحمل (بیشترین حساسیت) نسبت به تنش خشکی را داشتند. از طرف دیگر اگر بر اساس پیشنهاد محققان ژنوتیپ‌های متحمل ابتدا بر اساس STI و سپس بر اساس SSI انتخاب شوند، مشاهده می‌شود که در بین ژنوتیپ‌ها، توده محلی شوشتر SSI کمتری (۰/۷۴۰) داشت که در حقیقت این نتیجه با نتیجه حاصل از STI یکسان است (۱۶). حتی اگر عکس حالت فوق انجام گیرد، یعنی ابتدا ژنوتیپ‌های با شاخص حساسیت پایین را انتخاب کرده و سپس از بین آنها ژنوتیپ‌های با شاخص تحمل تنش بالاتر انتخاب شود، باز همان نتیجه حاصل خواهد شد، چون نتیجه این دو شاخص تقریباً عکس یکدیگر است و انتخاب بر اساس یکی از آنها به طور غیر مستقیم نتیجه شاخص دیگر را هم در خود دارد. لذا در این شرایط استفاده از دو شاخص لزومی نداشته و استفاده از شاخص تحمل تنش (STI) به تنهایی توصیه می‌شود. بر این اساس پیشنهاد می‌شود که برای انجام

تحقیقات مربوط به تنش خشکی می توان از توده محلی شوشتر به عنوان ژنوتیپ متحمل و از رقم هلیل به عنوان رقم حساس (شاهد) جهت مقایسه ارقام استفاده شود.

پایان انتشار

نشریه تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی

جدول ۷- همبستگی بین میانگین‌های عملکرد دانه و شاخص‌های مقایسه تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌های کنگد نسبت به تنش خشکی

	Yp	Ys	SSI	TI	MP	HM	YSI	Rank	GMP	STI	YI	MSTI1	MSTI2
Yp	۱												
Ys	۰/۸۴**	۱											
SSI	-۰/۶۸**	-۰/۹۶**	۱										
TI	۰/۶۹**	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۱									
MP	۰/۹۷**	۰/۹۴**	-۰/۸۲**	۰/۵۰*	۱								
HM	۰/۸۹**	۰/۹۹**	-۰/۹۲**	۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۹۷**	۱							
YSI	۰/۶۸**	۰/۹۶**	-۰/۹۹**	-۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۸۳**	۰/۹۲**	۱						
Rank	۰/۹۰**	۰/۹۳**	۰/۸۴**	۰/۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۹۵**	۰/۹۵**	۰/۸۴**	۱					
GMP	۰/۹۳**	۰/۹۷**	-۰/۸۹**	۰/۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۸۹**	۰/۹۶**	۱				
STI	۰/۸۵**	۰/۹۹**	-۰/۹۲**	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۹۵**	۰/۹۹**	۰/۹۳**	۰/۹۵**	۰/۹۸**	۱			
YI	۰/۸۳**	۰/۹۹**	-۰/۹۶**	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۹۴**	۰/۹۹**	۰/۹۶**	۰/۹۲**	۰/۹۷**	۰/۹۹**	۱		
MSTI1	۰/۸۴*	۰/۹۷**	-۰/۹۰**	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۹۳**	۰/۹۷**	۰/۹۱**	۰/۹۵**	۰/۹۶**	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۱	
MSTI2	۰/۶۱**	۰/۶۱**	-۰/۹۲**	-۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۷۷**	۰/۸۶**	۰/۹۳**	۰/۷۹**	۰/۸۱**	۰/۹۱**	۰/۹۱**	-۰/۹۳**	۱

ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و یک درصد

Yp: عملکرد در شرایط مطلوب، Ys: عملکرد در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: تحمل، MP: میانگین بهره‌وری، HM: میانگین هارمونیک، YSI: شاخص پایداری عملکرد، Rank: شاخص رتبه‌بندی، GMP: میانگین بهره‌وری هندسی، STI: شاخص تحمل به تنش، YI: شاخص عملکرد، MSTI1: شاخص تحمل تنش تعدیل‌شده برای شرایط مطلوب، MSTI2: شاخص تحمل تنش تعدیل‌شده برای شرایط نامطلوب و YRI: شاخص کاهش عملکرد

## تشکر و قدردانی

از معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی و همچنین معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت همکاری و مساعدت در اجرای این مطالعه تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

1. Aboodeh, H., M.R. Moradi-Telavat, A. Moshatati and S.H. Mousavi. 2019. Evaluation of spring safflower genotypes by using tolerance and sensitivity indices to terminal heat stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 12(2): 607-616. (In Farsi).
2. Aboodeh, H., A. Bakhshandeh, M.R. Moradi-Telavat, S. A. Siadat and S. A. Moosavi. 2023. Evaluation of Drought Tolerance and Susceptibility Indices of Rapeseed Genotypes under Conditions of late Irrigation Interruption of Growing Season. *Journal of Crops Improvement*. 25(1): 17-32. (InFarsi).
3. Abolhasani, Kh. and G. Saeidi. 2006. Evaluation of drought tolerance of safflower lines based on tolerance and sensitivity indices to water stress. *Journal of Water and Soil Science*. 10(3): 407-419. (In Farsi).
4. Abolhasani, Kh. and G. Saeidi. 2006. Investigation of agronomic traits for safflower genotypes in two moisture regimes in Isfahan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 13(4): 44-53. (In Farsi).
5. Ashraf, M. and P.J.C.Harrice. 2005. Abiotic Stresses: Plant Resistance through Breeding and Molecular Approaches. The Haworth Press, New York.
6. Bouslama, M. and W.T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*. 24: 933-937.
7. Chogan, R., T. Taher-Khani, M.R. Ghannadha and M. Khodrahmi. 2006. Drought tolerance analysis in corn-based inbred lines using drought stress tolerance indexes. *Iranian Crop Sciences*. 8(1): 79-89. (In Farsi).
8. Dargahi, Y., A. Asghari, M. Shokouhpour, A. Rasoulzadeh, Gharibeshghi, A. and Shiri, M.R. 2011. Evaluation of water stress tolerance in sesame varieties based on tolerance indices. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 21(3): 119-133. (In Farsi).
9. FAO. 2018. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
10. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant 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, Publication, Taiwan, 13-18aug.
11. Fisher, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29: 897-912.

12. 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.
13. Gharibeshghi, A. and J. Mozaffari. 2017. Study of genetic variation in sesame genotypes by using both drought stress indices and morphologic traits for screening in drought stress conditions. *Crop Science Research in Arid Regions*. 1(1): 89-108. (In Farsi).
14. Mehrabi, Z. and P. Ehsanzadeh. 2011. A study on physiological attributes and grain yield of sesame cultivars under different soil moisture regimes. *Journal of Crops Improvement*. 13(2): 75-88. (In Farsi).
15. Moradi Telavat, M.R. and S.A. Siadat. 2012. Introduction and Agronomy of Oilseed Crops. Agriculture Extension Press, Tehran. (In Farsi).
16. Moshatati, A., S.A. Siadat, Kh. Alamisaeid, A. Bakhshandeh and M.R. Jalal Kamali. 2013. Comparison of wheat cultivars using indices of tolerance and susceptibility to terminal heat stress in Ahvaz. *Journal of Plant Production*. 36(2): 61-73. (In Farsi).
17. Naderi, A., I. Majidi Harawan, A.H. Hashemi Dezfuli, A.L. Rezaei and Gh. Nourmohammadi. 1999. Tolerance of indicators of evaluation of crop tolerance to environmental stresses and the introduction of a new indicator. *Journal of Seed and Plant*. 15(4): 402-390. (In Farsi).
18. Najafian, G. 2009. Drought tolerance indices, their relationship and manner of application to wheat breeding programs. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*. 3: 25-34.
19. Nassar, R. and M. Huhn. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures on phenotypic stability. *Biometrics*. 43: 45-53.
20. Omid, A.H. 2009. Effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some. *Journal of Seed and Plant Production*. 25(1): 15-31. (In Farsi).
21. Pourdad, S.S. and M.J. Moghaddam. 2013. Study on genetic variation in safflower collection (*Carthamus tinctorius* L.) under rainfed condition. *Iranian Journal of Rainfed Agriculture*. 1(3): 1-16. (In Farsi).
22. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. *Crop Science*. 21: 943-946.
23. Yari, P., A.H. Keshtkar and H. Mazaheri. 2016. Evaluation of water stress in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars using tolerance indices in Hamadan region. *Journal of Crop Breeding*. 8(18): 88-96. (In Farsi).
24. Zarghami, R., M. Zahravi, A. Aslanzadeh and M. Abbasali. 2011. Evaluation of autumn sown genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for tolerance to drought stress. *Journal of Seed and Plant Improvement*. 1(3): 339-355. (In Farsi).

**Evaluation of different genotypes of sesame in terms of stress sensitivity and tolerance indices in water deficit conditions**

**Astract**

To compare sesame cultivars by tolerance and sensitivity indices to water stress in Ahvaz conditions, an experiment was conducted on Research Farm of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan in summer 2018. The experimental design was split plot based on a complete randomized block design with four replicates. Experimental factor were three levels of irrigation (I1: fully irrigated, I2: changing altered irrigated and I3: fixed altered irrigated) placed in main plots and six sesame genotypes located at subplots. The yield of studied genotypes showed a significant difference in different levels of irrigation. Among the local population of Shushtar, it produced the highest yield of seeds and oil and showed good performance in both normal and low irrigation conditions. The results of statistical analysis indicated that cultivars had significant differences in terms of Stress Sensitivity index (SSI), Tolerance Index (TI), Productivity Mean (PM), Harmonic Mean (HM), Yield Stability Index (YSI), Geometric Productivity Mean (GPM), Stress Tolerance Index (STI), Stress Damage Index (SDI), Modified Stress Tolerance for appropriate conditions (MSTI1), Modified Stress Tolerance for non-appropriate conditions (MSTI2) and Yield Reduction Index (YRI). In general, the best indicator for evaluation of tolerance and susceptibility of sesame genotypes to drought stress was stress tolerance index (STI). Thus it can be noted that, the most tolerant and sensitive genotypes were Shushtar and Halil genotypes, respectively.

**Keywords:** Biomass, Geometric Productivity Mean, Oil, Ranking, Yield