



ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام مختلف کلزا براساس شاخص‌های ارزیابی تنش در انتهای فصل رشد

* معصومه نعیمی^۱، غلامعلی اکبری^۲، امیرحسین شیرانی‌راد^۳،

سیدعلی محمد مدرس ثانوی^۴، سیداحمد سادات نوری^۵ و حمید جباری^۶

^۱ دانشجوی دکتری زراعت پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، ^۲ استادیار گروه زراعت پردیس ابوریحان دانشگاه تهران،
^۳ استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ^۴ دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ^۵ دانشیار گروه زراعت پردیس ابوریحان دانشگاه تهران،

^۶ دانشجوی دکتری زراعت پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۴/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۸

چکیده

به منظور ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام مختلف کلزا براساس شاخص‌های ارزیابی تنش در انتهای فصل رشد، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. نتایج بررسی با استفاده از شاخص‌های متفاوت تحمل به خشکی نشان داد که براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل (TOL) ارقام Opera و Talaye به عنوان متحمل‌ترین ارقام شناخته شدند. شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) که مقادیر بالای آنها نشان‌دهنده تحمل به تنش خشکی در ارقام مورد بررسی است، ارقام Opera، Hyola420 و Zarfam را به عنوان ارقام با عملکرد بالا در هر دو شرایط عادی و تنش تعیین کردند. با بررسی تمام شاخص‌ها و با توجه به اینکه بهترین ارقام، ارقامی با عملکرد بالا در شرایط عادی و حداقل کاهش عملکرد در شرایط تنش است، ارقام Opera و Zarfam به عنوان مناسب‌ترین ارقام در شرایط تنش خشکی می‌باشند. همچنین با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار

*- مسئول مکاتبه: naeemi_701@yahoo.com

شاخص‌های STI، GMP و MP با عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش، در مجموع این شاخص‌ها به‌عنوان معیارهای مناسب جهت شناسایی ارقام متحمل به تنش شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های تحمل به تنش، رقم، تنش خشکی، کلزا

مقدمه

عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه، شرایط محیطی و اثرات برهمکنش آنها می‌باشد. اگرچه همه تنش‌های زنده و غیرزنده از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌شوند (ابرهارت و راسل، ۱۹۶۶)، ولی تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات در سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می‌آید (دیبانک و عبدالله، ۲۰۰۴).

کلزا^۱ دومین منبع مهم تولید روغن خوراکی بعد از سویا در جهان می‌باشد (فائو، ۲۰۰۷). در این گیاه، مراحل گلدهی و تشکیل خورجین‌ها، از حساس‌ترین مراحل به تنش خشکی می‌باشند که در اغلب مناطق زراعی کشور با تنش خشکی مواجه می‌گردند (سینکی و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج بررسی‌های انجام شده توسط ما و همکاران (۲۰۰۶) نشان می‌دهد که بر خورد مرحله زایشی گیاه با تنش خشکی، موجب کاهش اکثر صفات وابسته به عملکرد در کلزا نظیر تعداد خورجین در گیاه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین می‌گردد که کاهش عملکرد دانه، عمدتاً از طریق کاهش تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین می‌باشد.

یکی از راه‌های مقابله با تنش خشکی، اصلاح گیاهان متحمل و زودرس است و شناخت این موضوع که هر یک از گیاهان یا ژنوتیپ‌ها چگونه با تنش مقابله می‌کنند، حائز اهمیت می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۶). تاکنون روش‌های متفاوتی برای ارزیابی واکنش گیاهان زراعی نسبت به انواع تنش‌ها ارایه شده است و مورد استفاده اصلاح‌گران قرار گرفته است. فرناندز (۱۹۹۲) در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط (تنش و شرایط عادی) واکنش گیاهان را به چهار گروه تقسیم کرد: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط، عملکرد بالایی دارند (گروه A)، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط عادی عملکرد بالایی دارند (گروه B)، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش، عملکرد خوبی دارند (گروه C) و

ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط دارای عملکرد پایینی هستند (گروه D). فیشر و ماور (۱۹۷۸) نیز شاخص حساسیت به تنش SSI را برای ارزیابی ارقام متحمل پیشنهاد کردند. شاخص‌های تحمل (TOL) و بهره‌وری متوسط (MP) توسط روزیلی و هامبلین (۱۹۸۱) به منظور انتخاب ارقام متحمل به تنش ارائه شدند. آنها اظهار داشتند که انتخاب معیار گزینش، به هدف اصلاح‌گر بستگی دارد. اگر افزایش عملکرد در شرایط تنش مدنظر باشد، شاخص TOL می‌تواند مفید باشد، اما اگر افزایش عملکرد در هر دو محیط عادی و تنش مورد نظر اصلاح‌گر باشد، بهتر است گزینش براساس MP انجام شود. در بررسی سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) که برای ارزیابی مقاومت به خشکی ۱۱ رقم گندم نان انجام شده بود، مشخص شد که انتخاب ارقام براساس شاخص تحمل TOL موجب کاهش عملکرد در شرایط عادی می‌شود. شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نیز توسط فرناندز (۱۹۹۲) برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد مطلوبی تولید می‌کنند، پیشنهاد شدند. محققین در بررسی این شاخص‌ها به این نتیجه رسیدند که کارآمدی شاخص‌های انتخاب، به شدت تنش محیط هدف بستگی دارد (پانتوان و همکاران، ۲۰۰۲ و بلوم، ۱۹۹۶). شاخص SSI برای اصلاح تحت تنش‌هایی با شدت کم مناسب می‌باشد، در صورتی که شاخص‌های MP، GMP و STI برای تنش‌هایی با شدت بالا پیشنهاد می‌شوند (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۰۶).

با توجه به نیاز روزافزون کشور برای تأمین روغن خوراکی و همچنین بروز خشکسالی‌های مکرر، شناسایی ارقام کلزا که در شرایط محدودیت آب، بتوانند عملکرد قابل قبولی تولید کنند، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. هدف از این تحقیق، ارزیابی تحمل به تنش خشکی در مراحل انتهایی رشد (رشد زایشی) با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی و انتخاب بهترین معیار گزینش و ارقام برتر کلزا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام مختلف کلزا براساس شاخص‌های ارزیابی تنش در انتهای فصل رشد در پاییز سال ۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج واقع در طول جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۷۵ دقیقه شرقی انجام شد. براساس میانگین داده‌های سی ساله، متوسط بارندگی سالیانه منطقه

۲۴۳ میلی‌متر می‌باشد. لازم به ذکر است که میزان کل بارندگی در طول فصل رشد مورد نظر (مهر الی خرداد) ۲۱۸ میلی‌متر بود.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

لومی رسی	بافت
۳۰-۶۰	عمق (cm) ۰-۳۰
۱/۲۰	هدایت الکتریکی (EC) دسی‌زیمنس بر متر ۲/۱۹
۷/۸۶	اسیدیته گل اشباع (pH) ۷/۶۷
۰/۴۹	کربن آلی (OC) ۰/۳۹
۰/۰۵	نیتروژن کل (N) ۰/۰۴
۳/۸	فسفر قابل جذب (ppm) ۲/۸
۱۷۱	پتاس قابل جذب (ppm) ۱۷۹

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد و تیمار آبیاری در کرت‌های اصلی و ارقام در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تیمار آبیاری در دو سطح، شامل آبیاری معمول براساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A (شاهد) و دیگری تنش خشکی به صورت قطع آبیاری در مراحل انتهایی رشد زایشی (از مرحله خورجین‌دهی، کد شده به شماره ۵/۵ از جدول سیلویستر- برادلی) تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (کد شماره ۶/۹) اعمال گردید. ارقام نیز در ۱۲ سطح شامل RGS003, SLM046, Okapi, Licord, Talaye و Sarigol, Zarfam, Hyola401, Opera, Orient, Option500, Hyola420 بودند. هر کرت آزمایشی شامل شش خط به طول پنج متر با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بود و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت چهار سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به منظور ممانعت از نشت آب بین کرت‌ها فاصله دو متری بین کرت‌های فرعی لحاظ گردید. همچنین فاصله بین دو تکرار مجاور شش متر تعیین گردید. پس از آماده نمودن زمین برای کاشت براساس نتایج تجزیه خاک (عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر) به مقدار ۴۲ کیلوگرم فسفر خالص از منبع سوپر فسفات و ۵۰ کیلوگرم پتاس خالص به صورت اکسید پتاسیم (K_2O) به صورت پیش کاشت و ۷۳ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از

منبع نیترات آمونیوم (در سه مرحله قبل از کاشت، زمان شروع رشد ساقه و ظهور اولین غنچه‌های گل) مصرف شد. همچنین به منظور مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش ترفلان (تری فلورالین) به میزان ۵/۲ لیتر در هکتار به صورت پیش کاشت استفاده شد و به وسیله دیسک سبک، کود و علف‌کش با خاک مخلوط گردید.

در تاریخ ۱۳ مهرماه کشت انجام شد. آبیاری برای تیمار آبیاری معمولی در هشت مرحله و برای تیمار تنش در شش مرحله صورت گرفت. در کل، میزان آب مصرفی برای تیمار شاهد ۵۱۲۰ متر مکعب در هکتار و برای تیمار تنش حدود ۳۸۴۰ مترمکعب در هکتار بود. عملیات کنترل آفات به ویژه شته مومی (*Brevicoryne brassicae* L.) با استفاده از سم متاسیستوکس (اکسی دیمتون متیل) به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار بود. عملیات برداشت به ترتیب رسیدگی ارقام از تاریخ ۱۴ تا ۲۴ خرداد ماه صورت پذیرفت. به منظور تعیین عملکرد دانه از مساحت ۴/۸ متر مربع از هر کرت آزمایشی به طور جداگانه کفبر شده و جهت خشک شدن نهایی و رسیدن رطوبت به ۱۲ درصد، به مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری و پس از جداسازی دانه‌ها از خورجین، وزن دانه‌ها با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار در محیط دارای تنش و بدون تنش محاسبه گردید (دانشمند و همکاران، ۲۰۰۶). سپس با استفاده از عملکرد ارقام در شرایط آبیاری (Yp) و تنش (Ys) شاخص‌های کمی مقاومت به تنش به شرح زیر محاسبه گردید:

$SI = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$ (شدت تنش)	(Fischer and Maurer, 1978)
$SSI = (1 - (Y_s / Y_p)) / SI$ (شاخص حساسیت به تنش)	(Fischer and Maurer, 1978)
$TOL = Y_p - Y_s$ (شاخص تحمل)	(Rosielle and Hamblin, 1984)
$STI = (Y_p \times Y_s) / (\bar{Y}_p)^2$ (شاخص تحمل به تنش)	(Fernandez, 1992)
$MP = (Y_p + Y_s) / 2$ (شاخص بهره‌وری متوسط)	(Rosielle and Hamblin, 1984)
$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s}$ (شاخص میانگین هندسی بهره‌وری)	(Fernandez, 1992)
$Yield\ index\ (YI) = Y_s / \bar{Y}_s$ (شاخص عملکرد)	(Gavuzzi et al., 1997)
$Yield\ stability\ index\ (YSI) = Y_s / Y_p$ (شاخص پایداری عملکرد)	(Bousslama and Schapaugh, 1984)
$\% Reduction = ((Y_p - Y_s) / Y_p) * 100$ (درصد کاهش)	(Choukan et al., 2006)

در روابط فوق \bar{Y}_p و \bar{Y}_s به ترتیب میانگین عملکرد دانه کلیه ارقام در شرایط آبیاری و تنش خشکی می‌باشد. میانگین داده‌های مربوط به عملکرد دانه به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C مورد مقایسه قرار گرفتند و برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد. به منظور تعیین مناسب‌ترین شاخص برای تشخیص ارقام متحمل به تنش همبستگی بین عملکرد در محیط تنش و بدون تنش و شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد ارزیابی قرار گرفت و شاخص‌هایی که دارای همبستگی بالایی با عملکرد بودند، به عنوان بهترین شاخص شناسایی شدند (فرناندز، ۱۹۹۲).

نتایج و بحث

در این پژوهش شدت تنش (SI) برابر $0/30$ برآورد شد (جدول ۲). لازم به ذکر است که این شاخص تنها برای اندازه‌گیری شدت تنش خشکی در آزمایش‌ها قابل محاسبه است و برای اندازه‌گیری شدت تنش در ارقام کاربرد ندارد (فیشر و ماور، ۱۹۷۸). براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) که مقادیر پایین عددی آن (کمتر از واحد)، نشان‌دهنده تحمل بالای رقم نسبت به تنش می‌باشد (چوکان و همکاران، ۲۰۰۶)، ارقام طلایه، Opera و زرفام به ترتیب با عملکرد $10514/6$ ، $2058/3$ و $1895/8$ کیلوگرم در هکتار، به عنوان ارقام متحمل به تنش شناخته شدند (جدول ۲). ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص SSI مواد آزمایشی را فقط براساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته‌بندی می‌کند و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص، می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص کرد (نادری و همکاران، ۲۰۰۰). شاخص حساسیت به تنش براساس نسبت عملکرد هر رقم در شرایط تنش به شرایط بدون تنش در مقایسه با این نسبت در کل ارقام سنجیده می‌شود، بنابراین دو رقم با عملکرد زیاد یا کم در دو محیط می‌تواند مقدار SSI یکسانی داشته باشند، لذا انتخاب براساس این شاخص، اصلاح‌گران را به اشتباه می‌اندازد. در این پژوهش نیز شاخص SSI رقم طلایه را به عنوان متحمل‌ترین رقم معرفی کرد، در صورتی که با مقایسه عملکرد این رقم در شرایط تنش و بدون تنش، مشاهده شد که رقم ذکر شده از نظر میزان عملکرد در شرایط بدون تنش در رتبه آخر (دوازدهم) و در شرایط تنش در مرتبه هشتم در مقایسه با سایر ارقام

قرار گرفت (جدول ۲). مشاهدات فوق بیانگر این حقیقت است که رقم طلایه نه به دلیل تولید عملکرد مناسب در شرایط تنش، بلکه صرفاً به علت پایین بودن درصد تغییر عملکرد، توسط این شاخص به عنوان متحمل ترین رقم به تنش شناسایی شد، بنابراین می توان نتیجه گرفت انتخاب براساس شاخص حساسیت به تنش باعث گزینش ارقامی با عملکرد نسبتاً بالا در محیط عادی و عملکرد پایین در محیط دارای تنش می گردد که چنین ارقامی مطابق نظر اشنايدر و همکاران (۱۹۹۷) به علت عملکرد پایین، از نظر زراعی نامطلوب می باشند. در این بررسی صرف نظر از رقم Talaye، ارقام Opera و Zarfam که توسط این شاخص به عنوان ارقام متحمل و پر محصول شناسایی شدند، در واقع دارای عملکرد بالایی در شرایط تنش نسبت به سایر ارقام می باشند (جدول ۲).

طبق نظر پژوهشگران (صادق زاده اهري، ۲۰۰۶، خليل زاده و کربلايي خياوي، ۲۰۰۲ و فرناندز، ۱۹۹۲) بهترین شاخص برای گزینش ارقام، شاخص های تحمل به تنش (STI) می باشد، چون قادر است ارقامی را که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش عملکرد بالایی دارند (گروه A) را از دو گروه ارقامی که فقط در شرایط بدون تنش (گروه B) و یا فقط در شرایط تنش (گروه C) عملکرد نسبتاً بالایی دارند، تفکیک نماید. فرناندز (۱۹۹۲) معتقد است که شاخص های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره وری (GMP) با توجه به همبستگی های بالا و معنی دار موجود بین آنها و عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش و بدون تنش، به عنوان مناسب ترین شاخص های گزینش ژنوتیپ های دارای عملکرد مطلوب، قابل توصیه می باشند. از نظر شاخص STI و متوسط هندسی بهره وری (GMP) که مقادیر بالای شاخص، نشان دهنده تحمل ارقام می باشد، ارقام Opera، Zarfam و Hyola420 به ترتیب با عملکرد ۲۰۵۸/۳، ۱۶۹۰/۶ و ۱۸۹۵/۸ کیلوگرم در هکتار به عنوان ارقام متحمل تعیین شدند (جدول ۲).

استفاده از شاخص بهره وری متوسط (MP) که مقادیر بالای عددی آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می باشد، اغلب منجر به گزینش ارقامی با عملکرد بالا در شرایط عادی ولی کم تحمل به شرایط تنش می گردد.

جدول ۲- برآورد شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی برای عملکرد دانه در ارقام کلزا.

رقم	Yp (kg.ha ⁻¹)	Ys (kg.ha ⁻¹)	SSI	STI	TOL	MP	GMP	Reduction (%)	YSI	YI	SI
Licord	۱۷۵۷/۹	۱۴۲۵	۰/۶۳	۰/۴۷	۳۳۲/۹	۱۵۹۱/۴	۱۵۸۲/۲	۱۹	۰/۸۱	۰/۸۸	-
Okapi	۲۳۰۸/۳	۱۲۵۸/۱	۱/۵۰	۰/۵۴	۱۰۵۰/۲	۱۷۸۳/۲	۱۶۹۶/۷	۴۵	۰/۵۵	۰/۷۷	-
SLM046	۲۶۰۸/۳	۱۶۴۱/۷	۱/۲۱	۰/۷۹	۹۶۶/۷	۲۱۲۵	۲۰۵۳/۸	۳۷	۰/۶۳	۱/۰۱	-
RGS003	۱۸۲۷/۵	۱۴۸۴/۴	۰/۶۲	۰/۵۱	۳۴۳/۱	۱۶۵۵/۹	۱۶۴۲/۷	۱۹	۰/۸۱	۰/۹۲	-
Hyola420	۲۶۴۴/۸	۱۶۹۰/۶	۱/۲۰	۰/۸۳	۹۵۴/۱	۲۱۶۷/۷	۲۱۱۰/۱	۳۶	۰/۶۴	۱/۰۴	-
Option500	۲۶۷۵	۱۶۰۰	۱/۳۴	۰/۸۰	۱۰۷۵	۲۱۳۷/۵	۲۰۶۷/۴	۴۰	۰/۶۰	۰/۹۹	-
Zarfam	۲۳۲۰/۸	۱۸۹۵/۸	۰/۵۹	۰/۸۲	۴۲۵	۲۱۰۸/۳	۲۰۹۴/۴	۱۸	۰/۸۲	۱/۱۷	-
Orient	۲۸۱۶/۹	۱۴۰۹/۴	۱/۶۶	۰/۷۵	۱۴۰۷/۵	۲۱۱۳/۱	۱۹۹۲	۵۰	۰/۵۰	۰/۸۷	-
Opera	۲۳۴۵/۸	۲۰۵۸/۳	۰/۴۰	۰/۹۱	۲۸۷/۵	۲۲۰۲/۱	۲۱۹۷/۱	۱۲	۰/۸۸	۱/۲۷	-
Talaye	۱۶۹۵/۸	۱۵۱۴/۶	۰/۳۵	۰/۴۸	۱۸۱/۳	۱۶۰۵/۲	۱۶۰۰/۹	۱۱	۰/۸۹	۰/۹۴	-
Sarigol	۲۳۴۷/۵	۱۷۴۱/۹	۰/۸۳	۰/۷۸	۶۰۵/۶	۲۰۴۴/۷	۲۰۱۸	۲۵	۰/۷۵	۱/۰۷	-
Hyola401	۲۴۱۴/۲	۱۷۱۳/۹	۰/۹۴	۰/۷۷	۷۰۰/۳	۲۰۶۴	۲۰۲۴/۲	۲۸	۰/۷۲	۱/۰۶	-
میانگین	۲۳۱۳/۵۷	۱۶۱۹/۴۷	۰/۹۴	۰/۷۰	۶۹۴/۱	۱۹۶۶/۵	۱۹۲۳/۳	۲۸	۰/۷۲	۱	۳۰

Yp = عملکرد ارقام در شرایط بدون تنش Ys = عملکرد ارقام در شرایط تنش خشکی

(روزیلی و هامبلین، ۱۹۸۴). در این بررسی شاخص MP ارقام Opera، Hyola420 و Option500 را به‌عنوان ارقام متحمل به تنش شناسایی کرد (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد ارقام در شرایط تنش نشان داد که عملکرد رقم Zarfam در محیط دارای تنش بیشتر از عملکرد ارقام Hyola420 و Option500 بود، ولی شاخص بهره‌وری متوسط آن کمتر بود و به‌عنوان رقم متحمل شناسایی نگردید و ارقام Hyola420 و Option500 نیز تنها به‌واسطه تولید عملکرد بالا در محیط بدون تنش دارای مقادیر بالاتر این شاخص گردیده‌اند و در شرایط تنش، عملکرد نسبتاً متوسطی تولید کردند (جدول ۲). بنابراین شاخص MP برای گزینش ارقامی که در شرایط تنش عملکرد بالایی تولید می‌کنند، چندان مناسب نمی‌باشد (فرناندز، ۱۹۹۲). اگرچه احمدزاده (۱۹۹۷) شاخص MP را معیار

مناسبی برای گزینش لاین‌های پرمحصول و متحمل به خشکی ذرت معرفی کرده بود. سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که شاخص MP زمانی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش بازده دارد که شدت تنش زیاد نبوده و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش نیز خیلی زیاد نباشد.

در شاخص تحمل (TOL) نیز مقادیر عددی پایین، نشان‌دهنده تحمل نسبی ارقام می‌باشد. رتبه‌بندی ارقام از نظر این شاخص مشخص کرد که ارقام Opera، Talaye و Licord به ترتیب با عملکرد ۱۵۱۴/۶، ۲۰۵۸/۳ و ۱۴۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان ارقام متحمل شناسایی شدند (جدول ۲). انتخاب بر اساس شاخص تحمل اغلب موجب گزینش ارقامی می‌شود که در شرایط بدون تنش عملکرد پایینی تولید می‌کنند (روزیلی و هامبلین، ۱۹۸۴). با مقایسه میانگین عملکرد ارقام مورد آزمون در شرایط بدون تنش و تنش مشاهده گردید علی‌رغم اینکه دو رقم Talaye و Licord از نظر میزان عملکرد تولیدی در شرایط بدون تنش به ترتیب در رتبه یازدهم و دوازدهم و در شرایط تنش در رتبه هشتم و نهم در بین ارقام قرار داشتند، ولی توسط شاخص TOL به‌عنوان ارقام متحمل به تنش شناسایی گردیدند (جدول ۲)، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این شاخص در گزینش ارقامی که در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش، عملکرد بالایی تولید کنند، موفق نبوده است. در حقیقت شاخص TOL به نوعی بیانگر تغییر حاصل از اعمال تنش می‌باشد، به‌عبارتی ارقامی که دارای شاخص TOL کمتری هستند، در محیط تنش تغییر عملکرد کمتری از خود نشان می‌دهند. نکته قابل ذکر دیگر در مورد این شاخص این است که پایین بودن شاخص TOL الزاما به معنای بالا بودن عملکرد رقم در محیط بدون تنش نمی‌باشد، چرا که ممکن است عملکرد رقمی در شرایط عادی پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت کمتری همراه باشد، که باعث کوچک شدن شاخص TOL شود و در نتیجه این رقم به‌عنوان رقم متحمل معرفی شود (مقدم و هادی‌زاده، ۲۰۰۲) که دلایل ذکر شده در انتخاب دو رقم Talaye و Licord به درستی صدق می‌کند. به‌مرام و همکاران (۲۰۰۶) در گزارشات خود در زمینه ارزیابی تحمل به خشکی ارقام بهاره کلزا عنوان کردند که شاخص STI بهتر از شاخص‌های SSI و TOL می‌تواند در ارزیابی تحمل به خشکی ارقام کاربرد داشته باشد.

در شاخص YSI مقادیر عددی بیشتر از واحد نشان‌دهنده حساسیت ژنوتیپ و ضعف پایداری عملکرد در شرایط تنش می‌باشد (ابرهارت و راسل، ۱۹۶۶). دو شاخص پایداری عملکرد (YSI) و شاخص درصد کاهش عملکرد در واقع ارقام را در جهت عکس همدیگر گزینش می‌کنند. به‌عبارت

دیگر رقمی که توسط شاخص YSI به عنوان رقمی با پایداری بالای عملکرد در شرایط تنش معرفی می شود، از پایین ترین میزان تغییر و یا کاهش عملکرد برخوردار می باشد. به عنوان مثال در این پژوهش ارقام Opera, Talaye و Zarfam از نظر شاخص YSI در رتبه بالاتر نسبت به سایر ارقام قرار گرفتند، در حالی که از نظر شاخص کاهش در انتهای ترین مراتب جای داشتند. این دو شاخص ارقام Orient و Okapi را به عنوان ارقامی که دارای پایین ترین میزان پایداری عملکرد یا به عبارتی بیشترین درصد کاهش عملکرد معرفی کردند که نشان دهنده حساسیت بالای این ارقام نسبت به تنش می باشد (جدول ۲). در واقع شاخص YSI نشان دهنده میزان مقاومت ژنتیکی رقم به تنش خشکی می باشد (بوسلاما و اسکاپاوغ، ۱۹۸۴) و در نتیجه رقمی با میزان YSI بالا باید عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش داشته باشد، در صورتی که در این بررسی ارقام Talaye و RGS003 با مقادیر عددی بالای این شاخص دارای پایین ترین میزان عملکرد در شرایط بدون تنش و عملکرد متوسط در شرایط تنش بودند (جدول ۲) که نتایج به دست آمده با نتایج سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) همسانی دارد. با توجه به این نکته که مبنای گزینش این دو شاخص نیز همانند شاخص TOL بر پایه میزان تغییر عملکرد در دو محیط بدون تنش و تنش می باشد، لذا می توان نتیجه گرفت که دو شاخص ذکر شده نیز فاقد توانایی لازم برای انتخاب ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط (گروه A) می باشند. با توجه به این که شاخص عملکرد (YI) از نسبت عملکرد رقم در شرایط تنش به میانگین عملکرد کلیه ارقام در شرایط تنش محاسبه می گردد، بنابراین موجب رتبه بندی ارقام بر حسب میزان عملکرد تولیدی آنها در محیط تنش می گردد (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۰۶)، بنابراین مطابق نظر گاوازی و همکاران (۱۹۹۷) شاخص YI برای گزینش ارقام گروه A بازده ندارد. این شاخص موجب شناسایی ارقام Opera, Zarfam و Sarigol به عنوان ارقامی با بالاترین میزان عملکرد در محیط تنش گردید. ارقام ذکر شده در محیط بدون تنش دارای عملکرد متوسط بودند و در مقایسه با سایرین در رتبه های میانی قرار گرفتند (جدول ۲).

خلیل زاده و کربلایی خیای (۲۰۰۲) و فرشادفر و همکاران (۲۰۰۱) بر این اعتقادند که مناسب ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش، شاخصی است که دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش باشد. بنابراین با ارزیابی میزان همبستگی بین شاخص های تحمل به تنش و عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش و تنش، شناسایی مناسب ترین شاخص امکان پذیر می باشد. نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین شاخص های ذکر شده و عملکرد

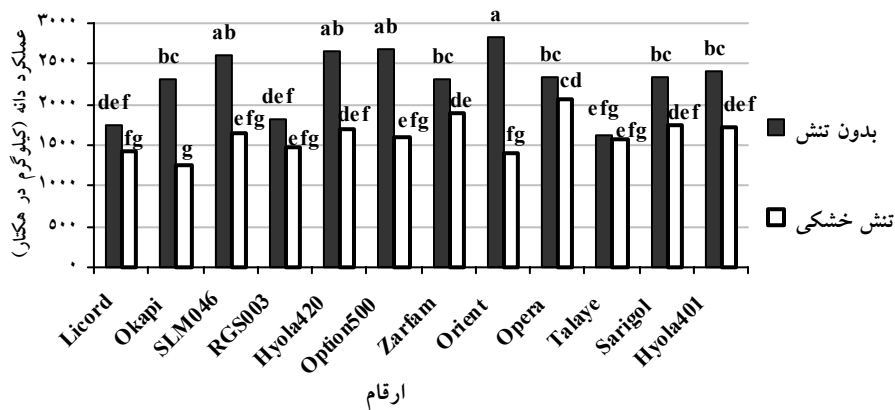
دانه در شرایط آبیاری معمول (شاهد) و تنش در جدول (۳) درج شده است. بیشترین میزان ضریب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه در شرایط آبیاری مربوط به شاخص‌های MP، STI، GMP و TOL با مقادیر ۰/۸۶، ۰/۷۷، ۰/۷۶ و ۰/۷۶ بود که مثبت و از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشند (جدول ۳). مطالعات نشان داد که بیشترین میزان همبستگی عملکرد در شرایط تنش به شاخص عملکرد (YI)، شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص متوسط هندسی بهره‌وری (GMP) و شاخص متوسط بهره‌وری MP به ترتیب با مقادیر ۱، ۰/۸۱، ۰/۸۱ و ۰/۷۱ اختصاص داشت که مثبت بوده و در سطح احتمال یک درصد نیز معنی‌دار می‌باشند (جدول ۳). اگرچه شاخص YI دارای بالاترین میزان همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط تنش بود ($r=1$) ولی در شرایط بدون تنش، با عملکرد همبستگی معنی‌داری نداشت ($r=0/24$)، لذا شاخص مناسبی برای انتخاب ارقام تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش نمی‌باشد که نتایج به دست آمده با گزارشات گاوازی و همکاران (۱۹۹۷) که شاخص YI را فاقد توانایی لازم برای گزینش ارقام در شرایط بدون تنش معرفی کرده بودند کاملاً مطابقت دارد. در نتایج بررسی شفافزاده و همکاران (۲۰۰۴) چنین عنوان شده است که سه شاخص STI، GMP و MP همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد ژنوتیپ‌های گندم در هر دو محیط تنش و بدون تنش داشته و به همین دلیل شاخص‌های مناسبی برای غربال کردن ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی می‌باشند که با نتایج حاصل از این پژوهش کاملاً مطابقت دارد. به اعتقاد فرناندز (۱۹۹۲) انتخاب براساس MP موجب گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا و انتخاب بر پایه SSI باعث گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش ولی با پتانسیل عملکرد پایین می‌گردد. طبق نظر فرناندز (۱۹۹۲)، بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌ها، شاخص‌های STI و GMP می‌باشند، چرا که قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی تولید می‌کنند (گروه A از گروه B و C) هستند، در حالی که شنایدر و همکاران (۱۹۹۷) شاخص GMP را برای انتخاب ژنوتیپ‌های لویبای معمولی مناسب‌تر دانسته‌اند. نتایج پژوهش خلیل‌زاده و کربلایی خیاری (۲۰۰۲) در خصوص تأثیرات تنش خشکی و گرما بر لاین‌های پیشرفته گندم دوروم، مشخص کرد که شاخص‌های STI و GMP در مقایسه با شاخص‌های SSI، TOL و MP از قدرت تمایز بالاتری برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل برخوردار می‌باشند.

جمع‌بندی نتایج حاصل از بررسی همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی انتهای فصل رشد گیاه و بدون تنش با شاخص‌های تحمل به خشکی در این پژوهش نشان می‌دهد که شاخص‌های *MP* و *STI*، *GMP* بهترین شاخص‌ها برای گزینش و تعیین ارقام متحمل به تنش آخر فصل در بین ارقام کلزا می‌باشند که با گزارشات شفازاده و همکاران (۲۰۰۴) که شاخص‌های ذکر شده را به‌واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی پس از مرحله گلدهی، به‌عنوان معیارهای مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول و متحمل به خشکی برای هر دو شرایط معرفی کردند، کاملاً همسانی دارد. ارقام *Zarfam*، *Opera* و *Hyola420* نیز توسط شاخص‌های مختلف به‌عنوان متحمل‌ترین ارقام به تنش خشکی آخر فصل شناسایی گردیدند.

جدول ۳- ضرایب همبستگی میان عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط بدون تنش (*Yp*) و شرایط تنش خشکی (*Ys*) و شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی.

YI	YSI	Reduction	GMP	MP	TOL	STI	SSI	Ys	Yp
									۱
								۱	۰/۲۵
							۱	-۰/۵۸**	۰/۶۳**
						۱	-۰/۰۰۳	۰/۸۱**	۰/۷۶**
					۱	۰/۱۶	۰/۹۷**	-۰/۴۴	۰/۷۶**
				۱	۰/۳۲	۰/۹۸**	۰/۱۶	۰/۷۱**	۰/۸۶**
			۱	۰/۹۹**	۰/۱۸	۰/۹۹**	۰/۰۱۴	۰/۸۱**	۰/۸۷**
		۱	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۹۷**	-۰/۰۰۶	۱**	-۰/۵۸**	۰/۶۳**
	۱	-۱**	-۰/۰۱	-۰/۱۶	-۰/۹۷**	۰/۰۰۶	-۱**	۰/۵۸**	-۰/۶۳**
۱	۰/۵۸**	-۰/۵۸**	۰/۸۰**	۰/۷۰**	-۰/۴۴	۰/۸۱**	-۰/۵۸**	۱**	۰/۲۴

** معنی‌دار در سطح آماری ۱ درصد



شکل ۱- مقایسه میانگین ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی و بدون تنش.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات سرکار خانم مهندس هما کاظمی و کارکنان محترم بخش تحقیقات دانه‌های روغنی که اینجانب را در انجام این مهم یاری کردند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

فهرست منابع

- Ahmadzade, A. 1997. Definition of the best drought tolerant index in corn selective lines. M.Sc thesis in plant improvement. College of agriculture, university of Tehran. 238 p.
- Behmaram, R.A., Faraji, A.F., and Amiari-Oghan, H. 2006. Evaluation of drought tolerance in spring rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). The 9th Iranian crop science congress. Aboureyhan Campus- University of Tehran. Pp: 496.
- Blum, A. 1996. Crop response to drought and the interpretation of adaptation. J. Plant. Growth. Regul. 20: 135-148.
- Bousslama, M., and Schapaugh, W.T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Sci. 24:933-937.
- Choukan, R., Taherkhani, T., Ghannadha, M.R., and Khodarahmi, M. 2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. Iran. J. Agric. Sci. 8 (1): 79-89.

- Daneshmand, A.R., Shirani Rad, A.H., and Ardakani, M.R. 2006. Evaluation of water deficit stress on tolerance of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. *Agron. Res.* 1(1): 48-60.
- Debaeke, P., and Abdellah, A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. *Eur. J. Agron.* 21: 433-446.
- Eberhart, S.A., and Russel, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- FAO. 2007. Food outlook, Global Market Analysis. [http://www.fao.org/food-outlook.com](http://www.fao.org/food-outlook)
- Farshadfar, E.A., Zamani, M.R., Matlabi, M., and Emam-Jome, E.E. 2001. Selection for drought resistance chickpea lines. *Iran. J. Agric. Sci.* 32 (1): 65-77.
- 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, Tainan, Taiwan.
- Fischer, R.A., Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. *Aust. J. Agr. Res.* 29:897- 912.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R.G., Ricciardi, G.L., and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory of drought and heat stress in winter cereals. *Can. J. Plant Sci.* 77: 523-531.
- Khalilzade, G.H., and Karbalai-Khiavi, H. 2002. Investigation of drought and heat stress on advanced lines of durum wheat. In proc, of the 7th Iranian congress of crop sciences. Gilan, Iran. Pp: 563-564.
- Koocheki, A.R., Yazdanehpas, A., and Nikkhah, H.R. 2006. Effect of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Iran. J. Crop. Sci.* 8 (1): 14-29.
- Ma, Q., Niknam, S.R., and Turner, D.W. 2006. Responses of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B.juncea* to soil water deficit at different growth stages. *Aust. J. Agr. Res.* 57(2): 221-226.
- Moghaddam, A., and Hadizade, M.H. 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. *Plant and Seed Journal.* 18 (3): 255-272.
- Naderi, A., Majidi-Hervan, E., Hashemi-Dezfoli, A., Rezaei, A., and Nour mohammadi, G. 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. *Plant and Seed Journal.* 15 (4): 390-402.
- Panthuwan, G., Fokai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S., and O'Toole, J.C. 2002. Yield response of rice genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part1: grain yield and yield components. *Field Crop Res.* 41:45-54.

- Rajaram, S., and Van Ginkle, M. 2001. Mexico, 50 years of international wheat breeding. In: Bonjean, A.P., Angus, W.J. (Eds.), *The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding*. Lavoisier Publishing, Paris, France. pp: 579-604.
- Rathjen, A.j. 1994. The biological basis of genotypes \times environment interaction: its definition and management. In: *Proceedings of the Seventh Assembly of the Wheat Breeding Society of Australia*, Adelaide, Australia.
- Rosielle, A.A. and Hamblin, J. 1984. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.* 21: 943-946.
- Sadeghzade-Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dryland promising durum wheat genotypes. *Iran. J. Crop. Sci.* 8 (1): 30-45.
- Schneider. K.A., Rosales-Serena, F., Ibarra-Perez, B., Cacaress-Enriquez, J.A., Acosta-Gallegos, R., Ramirec-Vallejo, N., Wassimi, N., and Kelly, J.P. 1997. Improvement common bean performance under drought stress. *Crop Sci.* 37: 43-50.
- Shafazadeh, M.K., Yazdanehpas, A., Amini, A., and Ghannadha, M.R. 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. *Plant and Seed Journal.* 20 (1): 57-71.
- Sinaki, J.M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A.H., Noormohamadi, G., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*B.napus* L.). *Ameri-Eurasi. J. Agric. Enviro.* 2(4): 417-424.
- Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditioning. *Field Crop Res.* 98: 222-229.



Evaluation of drought tolerance in different Canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration

***M. Naeemi¹, Gh.A. Akbari², A.H. Shirani Rad³, S.A.M. Modares Sanavi⁴, S. A. Sadat Nuri⁵ and H. Jabari⁶**

¹Ph.D. Student, Dept. of Agronomy, College of Aboureihan, University of Tehran, ²Assist Prof. Dept. of Agronomy, College of Aboureihan, University of Tehran, ³Research Prof. Oil Seed Plants Research Department. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj, ⁴Associate Prof. Dept. of Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, ⁵Associate Prof. Dept. of Agronomy, College of Aboureihan, University of Tehran, ⁶Ph.D. Student. Dept. of Agronomy, College of Aboureihan, University of Tehran

Abstract

In order to evaluate of drought tolerance in different Canola varieties based on stress evaluation indices in terminal growth duration, an experiment was conducted as split-plot design on randomized complete block design with four replications at experimental field of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj in 2005 and 2006. Results using Stress Susceptibility Index (SSI) and Tolerance Index (TOL) revealed that Talaye and Opera varieties are more tolerant than other varieties. Stress Tolerant Index (STI) and Geometric Mean Productivity (GMP), that their higher values indicate the tolerance of cultivars under stress, revealed Opera, Hyola420 and Zarfam, as cultivars with highest yield in both optimum irrigation and drought conditions. Study of total indices with give attention to that the best cultivars are they have high yield in optimal condition and least decrease in yield at stress condition, introduced Opera and Zarfam cultivars as suitable cultivars in drought stress condition. Study of high and positive correlation between drought tolerance index (STI), Geometric mean productivity index (GMP) and mean productivity index (MP) with yield in optimum and drought conditions indicated that them as the best indices for introduce drought tolerant cultivars.

Keywords: stress tolerance indices, variety, drought stress, Canola

*- Corresponding Author; Email: naeemi_701@yahoo.com