دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و سوم، ۱۳۹۹

ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی لاین‌های امیدبخش کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تغییر تاریخ کاشت

مریم تیموری،[۱] محمدرضا اردکانی[۲]، امیرحسین شیرانی‌راد[۲و۳]، مجتبی علوی‌فاضل[٤]، پریسا نجات‌خواه معنوی[٥]

دریافت: ۹۸/۱۰/٦ پذیرش: ۹۹/۳/۲٦

چکیده

به منظور ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های امیدبخش کلزا تحت تأثیر تاریخ کاشت آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵ اجرا شد. در این آزمایش تاریخ کاشت در دو زمان ۲۰ مهر و ۱۰ آبان در کرت‌های اصلی و لاین‌های امیدبخش شامل L1112، L1091، L1093، L1206، Okapi در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. برای ارزیابی شاخص‌های مختلف فیزیولوژیکی تحمل به تنش خشکی، دو محیط مجزا شامل آبیاری معمول (شاهد) و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد (تنش خشکی آخر فصل) در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تنش خشکی آخر فصل و تأخیر در کاشت سبب کاهش عملکرد تمامی لاین‌ها شد. در ارزیابی لاین‌ها شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص تحمل به تنش و میانگین بهره‌وری به عنوان شاخص‌های برتر جهت شناسایی لاین متحمل انتخاب گردیدند. با توجه به نتایج شاخص ها لاینی که بتواند در تناوب با گندم پاییزه کشت شده و از طرف دیگر به تنش کمبود آب در انتهای فصل رشد تحمل خوبی نشان داده و کمترین میزان افت عملکرد دانه را داشته باشد، لاین L1206 بوده که به عنوان لاین برتر در این تحقیق معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی: کشت تأخیری، لاین های کلزا، عملکرد دانه، کمبود آب

تیموری، م.، م.ر. اردکانی، ا. شیرانی راد، م. علوی فاضل و پ. نجات خواه معنوی. ۱۳۹۹. ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی لاین‌های امیدبخش کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تغییر تاریخ کاشت. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۳: ۱۵۹-۱٤۹.

۱- دانشجوی دکترا، گروه زراعت، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران- مسئول مکاتبات. mreza.ardakani@gmail.com

۳- استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

٤- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۵- گروه زراعت، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مقدمه

کلزا از مهمترین دانه‌های روغنی با ترکیب متوازن اسیدهای چرب به شمار می‌آید. بر اساس آخرین آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد در سال ۲۰۱۷ سطح برداشت شده کلزا در جهان حدود ۳٤/۷ میلیون هکتار بوده است که حدود ۱۳/۵ میلیون هکتار آن مربوط به قاره آسیا می‌باشد (فائو، ۲۰۱۹). کلزا پس از سویا و نخل روغنی، سومین گیاه روغنی یکساله جهان است (انجالبرت و همکاران، ۲۰۱۳). تنش خشکی آخر فصل کلزا ناشی از حذف اختیاری برخی از آبیاری‌های انتهای فصل رشد توسط کشاورزان، می‌طلبد تا شاخص‌های تحمل به تنش خشکی برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر تحت بارش‌های مختلف بهاره منطبق بر شرایط اقلیمی منطقه ارزیابی شوند. مقایسه عملکرد در شرایط محیطی مختلف (تنش و نرمال) و گزینش در چنین شرایطی می‌تواند ارزیابی ژنوتیپ‌ها را در برابر تنش به دنبال داشته باشد (کاکایی و همکاران، ۱۳۸۹). تاکنون برای شناسایی ارقام متحمل به تنش شاخص‌های متعددی براساس روابط ریاضی ارایه شده است (منجم و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به این شاخص‌ها، ارقامی که شاخص پایداری عملکرد بالاتری دارند، در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند (کاکایی و همکاران، ۱۳۸۹). علی‌اکبری و همکاران (۲۰۱٤) شاخص تحمل به تنش را نسبت به سایر شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی با توجه به همبستگی بالاتر آن با عملکرد دانه مناسب‌تر گزارش کردند. درحالی‌که جهانگیری و کهریزی (۲۰۱۵) شاخص تحمل و شاخص حساسیت به تنش را برای گزینش ارقام مقاوم به خشکی کلزا نامناسب معرفی کردند. سینگ و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند که ژنوتیپ‌هایی با مقادیر بالاتر شاخص تحمل به تنش می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر در مقابل تنش کم‌آبی انتخاب شوند. یوسفی (۱۳۹٦) در بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در سه گونه کلزا شاخص‌های میانگین هندسی عملکرد، متوسط عملکرد و تحمل به تنش را برای گزینش ارقام مقاوم به خشکی در انتهای فصل رشد مناسب دانست و عنوان نمود انتخاب بر اساس پایداری عملکرد در اقلیم خراسان موفق نخواهد بود. کمبود آب در انتهای فصل رشد کلزا زمانی که بیشترین حساسیت به تنش‌های خشکی گیاه در آن مرحله پدیدار می‌گردد همیشه در مناطق معتدل و سرد مانند استان البرز در ایران از عوامل محدودکننده توسعه و عملکرد مطلوب در این گیاه به شمار می‌رود، چرا که لازم است منابع محدود آب در انتهای فصل رشد کلزا به کاشت گیاهان بهاره نیز اختصاص داده شود. از طرفی دیگر کاشت و برداشت گیاهان بهاره فرصت آماده سازی زمین‌های زراعی را برای کشت پائیزه کشاورزان محدود ساخته و تاریخ مناسب کاشت پائیزه برای گیاهانی مثل کلزا و یا گندم را به تاخیر می‌اندازد. بنابراین انتخاب لاینی که بتواند به صورت توام به کشت تاخیری ابتدای فصل و کمبود آب در انتهای فصل رشد متحمل باشد و کمترین میزان افت عملکرد را نشان دهد هدف اصلی این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش برگرفته از طرح مصوب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، در مزرعه تحقیقاتی این موسسه انجام شد. عرض جغرافیایی محل انجام آزمایش، ۳۵ درجه و ٤۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۱ درجه و ٦ دقیقه شرقی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۲۱ متر است. این منطقه بر اساس آمار آب و هوایی و منحنی آمبروترمیک جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی نیمه خشک محسوب می‌شود.

این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال (۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵) بر روی گیاه زراعی کلزا در دو محیط مجزا شامل آبیاری معمول (شاهد) و قطع آبیاری از مرحله خورجین-دهی به بعد (تنش خشکی آخر فصل) اجرا شد. در این آزمایش تاریخ کاشت در دو زمان ۲۰ مهر و ۱۰ آبان در کرت‌های اصلی و لاین‌های امیدبخش شامل L1112، L1091، L1093، L1206 و رقم Okapi که آزاد گرده افشان، با تیپ رشدی زمستانه و مبدا ایرانی هستند، در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. هر کرت آزمایشی شامل ٦ خط ٦ متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خط ۵ سانتی‌متر بود. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، بعد از حذف حاشیه و نیم متر از بالا و پایین هر خط، بوته‌ها به مساحت ٦ متر مربع کف‌برشدند و در دو دسته جداگانه به مدت ٤ روز در هوای آزاد و در داخل هر کرت مربوطه قرار گرفتند تا رطوبت بوته‌ها به ۱۲ درصد کاهش یابد. سپس دانه‌ها جدا و در کیسه پارچه‌ای ریخته شدند، با ترازوی دقیق دیجیتالی وزن گردیدند و عملکرد دانه هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار تعیین شد. در نهایت عملکرد دانه هر رقم تحت شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و همچنین میانگین عملکرد کلیه

لاین‌ها در محیط تنش ($\bar{Y}s$) و بدون تنش ($\bar{Y}p$) جهت اندازه-گیری شاخص‌های تحمل به تنش محاسبه گردید.

ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی توسط شاخص‌های کمی تحمل به خشکی به شرح زیر صورت گرفت:

شاخص تحمل به تنش (فرناندز، ۱۹۹۲):

$$STI = \frac{(Y_P)(Y_S)}{(\bar{Y}_P)^2}$$

شاخص عملکرد (گاووزی و همکاران، ۱۹۹۷):

$$YI = Y_s/\bar{Y}_s$$

شاخص پایداری عملکرد (بوسلاما و شاپاگ، ۱۹۸٤):

$$YSI = Y_s/Y_p$$

میانگین بهره‌وری (حسابی) (روسیلو همبلین، ۱۹۸٤):

$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2}$$

میانگین هندسی بهره‌وری (فرناندز، ۱۹۹۲):

$$GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S}$$

در معادلات بالا Yp: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش، Ys: عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش، $\bar{Y}p$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش، $\bar{Y}s$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش می‌باشند.

قبل از انجام تجزیه مرکب نتایج دو سال آزمایش، به منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده گردید و جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SAS (ویرایش ۹/۱)، به منظور رسم گراف‌ها از نرم افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به اینکه آزمون بارتلت نشان داد که خطاهای آزمایش‌ها در دو سال یکنواخت هستند، نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله ارائه می‌شود و در مواردی که اثر سال معنی دار شد مقایسه میانگین سالها به تفکیک ارائه شده است.

عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش

با توجه به نتایج تجزیه مرکب بین سال‌های آزمایش تفاوت معنی‌دار در عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی وجود دارد که نشان دهنده تأثیر قابل توجه شرایط آب و هوایی بر عملکرد دانه لاین‌های مورد بررسی است (جدول ۱). نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۱)، به طوری که عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش در تاریخ کاشت ۲۰ مهر به ترتیب به میزان ۵۱٦۳/٦ و ۳۷۹٦/٦ کیلوگرم در هکتار بیشتر از ۱۰ آبان به ترتیب به میزان ۳۱۱۳/۳ و ۲۰۷۹/۷ کیلوگرم در هکتار بود. به عبارتی با تأخیر در کاشت عملکرد دانه در شرایط بدون تنش ۳۹/۷۱ درصد و در شرایط تنش ٤۵/۲۲ درصد کاهش یافت که بیانگر درصد کاهش بیشتر عملکرد دانه در شرایط تنش بود (جدول ۲). طبق نتایج حاصل، اثر متقابل سال در لاین بر عملکرد دانه در هر دو شرایط آزمایش تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه در سال اول در لاین L1091 با میانگین ۵۱۱٦/۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش و ۳۷۲۰/۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش حاصل شد (جدول ٤). همچنین در سال دوم آزمایش بالاترین عملکرد دانه در هر دو شرایط در لاین L1206 با میانگین ٤۵۳۸/۸ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش و ۳۲۱٦/۲ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با میانگین آن در سال اول آزمایش نشان نداد (جدول ٤). لازم به ذکر است که در سال دوم آزمایش، پایین‌ترین میزان عملکرد دانه نیز در هر دو شرایط در لاین L1091 (در شرایط بدون تنش ۳٤۸۷/۲ و در شرایط تنش ۲۳٤۵/۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد که با لاین L1112 در یک سطح آماری قرار گرفتند (جدول ٤). بنابراین اختلاف معنی‌دار در میانگین عملکرد لاین L1091 در دو سال مورد بررسی، احتمالا نشان دهنده پایداری عملکرد پایین آن نسبت به لاین L1206 می‌باشد. به عبارتی در بین لاین‌های مورد مطالعه، لاین L1206 پایداری عملکرد بالاتری در دو سال مورد بررسی نشان داد. فنائی و همکاران (۱۳۹۳) عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در شرایط عدم تنش خشکی در مقایسه با شرایط تنش، با افزایش ۲٤ درصدی عملکرد دانه گزارش کردند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه (شرایط بدون تنش) (Yp)	عملکرد دانه (شرایط تنش) (Ys)	شاخص تحمل به تنش (STI)	شاخص عملکرد (YI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	میانگین بهره‌وری (MP)	میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)
سال	۱	٤١٧١٢٠٦/٦**	٢٦٠٢٥٠٠/٢٧**	٠/٤٦١**	٠/٣٠١**	٠/٠٠٠٢٤^{ns}	٣٣٤١٢٨٨/٠٢**	٣١٩٣٣٤٩/٤٠**
بلوک (سال)	٤	٢٨٣٤/٥	٨٤٢٩٧/٤٨	٠/٠٠٤	٠/٠٠٩	٠/٠٠٣٠	٢٥٦٥٦/٣٣	٤٦١٤٢/٩٠
تاریخ کاشت	١	٦٣٠٧٠٣٠٤/٢**	٤٤٢١٧٩٠١/٠٧**	٩/٠٥٩**	٥/١٢٢**	٠/٠٤٨^{ns}	٥٣٢٢٤٨٨٥/٣٥**	٥٢٩٧٠٨٨٩/٦٠**
تاریخ کاشت × سال	١	٥٩١٢٣٢/٢^{ns}	١٢٦٢٢٥/٠^{ns}	٠/٠٠٩^{ns}	٠/٠١٤^{ns}	٠/٠٦١^{ns}	٤٢٩٣٣/٧٥^{ns}	١٤٠٤٥/٤٠^{ns}
خطای کرت اصلی	٤	٢٩٢٢٤٥/٥	٩٥١٥٠/٩	٠/٠١٣	٠/٠١١	٠/٠٢٩	٦٧٨١١/٦٠	٥٥٨٤٥/١٠
لاین	٤	١٣٢٦٩١٥/٨^{ns}	٧٣٧٨٨١/٣^{ns}	٠/١٩٣*	٠/٠٨٥^{ns}	٠/٠٠١^{ns}	١٠٠٥٤٥٦/١٧*	٩٢٦٥١٩/٧٣*
تاریخ کاشت × لاین	٤	٢٦٧٤٨٢/٧٧^{ns}	١٤٦٧٨٢/٤^{ns}	٠/٠٧٩^{ns}	٠/٠١٦^{ns}	٠/٠٠١^{ns}	١٩٩٥١٣/٥٢^{ns}	٢٠٣٦٤٧/٨١^{ns}
لاین × سال	٤	١٢٣٣١٥٧/٤*	٨٨٦٢٥١/٠٦*	٠/٢٣٤**	٠/١٠٢*	٠/٠٠١^{ns}	١٠٤٩١٠٧/٩٣**	١١٠٣٨٩٢/٥٣**
تاریخ کاشت × لاین × سال	٤	١٨٥٧٤٢/٦^{ns}	١٢١٠٨٠/٤^{ns}	٠/٠٦٥^{ns}	٠/٠١٤^{ns}	٠/٠٠٢^{ns}	١٤٨١١٩/٢٥^{ns}	١٦٠٨٦٢/٦١^{ns}
خطا	٣٢	٥٩٨٩٧٦/٨	٣١٨٩٨٢/٧٦	٠/٠٥٤	٠/٠٣٦	٠/٠٣١	٢٥٩٢٧٧/٢٢	٢٥١٣٠٨/٢٩
ضریب تغییرات(درصد)		١٨/٧٠	١٩/٢٢	٣٠/٠٨	١٩/٢٢	٢٤/٦٥	١٤/٣٩	١٤/٤٥

*، **و ^{ns}: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ۲- تأثیر تاریخ کاشت بر شاخص‌های تحمل به تنش

تاریخ کاشت	عملکرد دانه (شرایط بدون تنش) (Yp)	عملکرد دانه (شرایط تنش) (Ys)	شاخص تحمل به تنش (STI)	شاخص عملکرد (YI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	میانگین بهره‌وری (MP)	میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)
۲۰ مهر	۵۱۶۳/٦ a	۳۷۹٦/٦a	۱/۱٦ a	۱/۲۹a	۰/۷٤a	٤٤۸۰/۱a	٤٤۰۹/۲a
۱۰ آبان	۳۱۱۳/۱ b	۲۰۷۹/۷b	۰/۳۸٦b	۰/۷۰b	۰/٦۸a	۲٥۹٦/٤b	۲٥۳۰/۰b

میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

شاخص تحمل به تنش (STI)

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که بین سال‌های مورد آزمون از نظر STI تفاوت معنی‌دار وجود دارد که بیانگر تأثیر شرایط آب و هوایی بر شاخص مذکور می‌باشد (جدول ۱). همچنین STI در تاریخ کاشت‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۱). میزان این شاخص در تاریخ کاشت ۲۰ مهر ۱/۱٦ و در تاریخ کاشت ۱۰ آبان ۰/۳۸٦ بود که نشان می-دهد، تأخیر در کاشت باعث افزایش حساسیت به تنش خشکی می‌شود (جدول ۲). همچنین تفاوت بین لاین‌های مورد بررسی از لحاظ STI در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) بیشترین میزان STI با مقدار ۰/۹۳ در لاین L1206 و کمترین میزان آن ۰/٦۱ در لاین L1112 مشاهده شد (جدول ۳). علاوه بر آن اثر متقابل سال در لاین نیز تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر STI نشان داد (جدول ۱) و بالاترین و پایین‌ترین میزان شاخص مذکور در لاین L1091 به ترتیب به میزان ۱/۱۷ در سال اول و ۰/۵۱ در سال دوم به‌دست آمد (جدول ٤) که نشان‌دهنده بیشترین میزان تغییرات در STI در طی دو سال آزمون در لاین L1091 می‌باشد. از طرفی نیز بیشترین میزان STI در سال دوم در لاین L1206 به میزان ۰/۹۳ دیده شد (جدول ٤) که میزان آن در بین سال اول و سال دوم تفاوت معنی‌دار نشان نداد. بنابراین لاین L1206 به علت تغیرات کمتر و میزان بالاتر STI در سال دوم از نظر این شاخص از تحمل به تنش بالاتری برخوردار است. آناقلی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که ارقام متحمل به تنش دارای STI بالاتر و هم دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و غیرتنش می‌باشند. نصراله‌زاده‌اصل و همکاران (۱۳۹۵) نیز در بررسی خود بر روی گیاه ذرت بیان کردند که مقدار بالای شاخص تحمل به تنش برای سینگل کراس ۷۰٤ حاکی از تحمل بیشتر این هیبرید به تنش خشکی است. همچنین بلوری و همکاران (۱۳۹۰) نیز در بررسی خود بر روی گیاه آفتابگردان نشان دادند که از بین شاخص‌های تحمل مورد - بررسی، شاخص تحمل به تنش کارایی بیشتری در شناسایی ارقام مقاوم به خشکی دارد.

شاخص عملکرد (YI)

بالا بودن میزان YI نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می-باشد. نتایج مندرج در جدول ۱ نشان داد که تفاوت بین سال‌های مورد بررسی ازنظر YI معنی‌دار می‌باشد. به‌طوری‌که شرایط آب و هوایی در سال‌های آزمایش تأثیر قابل قبولی بر این شاخص داشته است. همچنین YI در دو تاریخ کاشت تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول ۱). به‌طوری‌که با تأخیر در کشت از ۲۰ مهر (۱/۲۹) به ۱۰ آبان (۰/۷۰) میزان YI کاهش و میزان حساسیت آن افزایش یافت (جدول ۲). لاین‌های مورد بررسی از لحاظ YI در دو سال آزمون تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نشان دادند (جدول ۱) به‌طوری‌که بیشترین میزان YI در سال اول در لاین L1091 (۱/۲۷) و در سال دوم در لاین L1206 (۱/۰۹) دیده شد و کمترین میزان شاخص مذکور در لاین L1091 (۰/۸۰) در سال دوم حاصل شد (جدول ٤). بنابراین میزان تغییرات YI در دو سال مورد بررسی در لاین L1091 بالا بود. در حالی که در سال دوم بیشترین میزان YI در لاین L1206 دیده شد که اختلاف معنی‌دار بین میزان آن در سال اول و سال دوم دیده نشد. بنابراین لاین L1206 با کمترین تغییرات میزان YI در هر دو سال آزمایش از تحمل به تنش خوبی برخوردار است. منزس و همکاران (۲۰۱٤) عنوان کردند که کاربرد YI در شرایط تنش بیشتر از کاربرد آن در هر دو شرایط تنش و بدون تنش است.

جدول ۳- شاخص‌های تحمل به تنش در لاین‌های مختلف

لاین	عملکرد دانه (شرایط بدون تنش) (Yp)	عملکرد دانه (شرایط تنش) (Ys)	شاخص تحمل به تنش (STI)	شاخص عملکرد (YI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	میانگین بهره‌وری (MP)	میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)
L1112	۳۷۳۳/۳b	۲۵۹۷/۲b	۰/٦۱c	۰/۸۸b	۰/۷۰a	۳۱٦۵/۲c	۳۱۰٦/٤c
L1091	٤۳۰۱/۹ab	۳۰۳۳/۱ab	۰/۸۳ab	۱/۰۳ab	۰/۷۰a	۳٦٦۷/۵ab	۳۵۹۲/۵ab
L1093	۳۸۸۱/۸ab	۲۸۰۱/۲ab	۰/٦۸bc	۰/۹۵ab	۰/۷۱a	۳۳٤۱/۵bc	۳۲۸۵/۸bc
L1206	٤۵٦۲/۹a	۳۲٤۹/۱a	۰/۹۳a	۱/۱۰a	۰/۷۲a	۳۹۰٦/۰a	۳۸۱۹/۷a
Okapi	٤۲۱۱/۸ab	۳۰۱۰/۵ab	۰/۸۰abc	۱/۰۲ab	۰/۷۲a	۳٦۱۱/۱ab	۳۵٤۳/۷abc

میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

شاخص پایداری عملکرد (YSI)

هر چه YSI بالاتر باشد، رقم مورد بررسی تحمل بیشتری به تنش خشکی دارد. در این پژوهش اختلاف معنی دار در اثر ساده سال، تاریخ کاشت و لاین و همچنین اثرات متقابل از لحاظ YSI دیده نشد (جدول ۱). یوسفی (۱۳۹٦) در آزمایش خود گزارش کرد که با توجه به شاخص پایداری عملکرد رقم زرفام از پایداری عملکرد نسبتا بالایی نسبت به سایر ارقام مورد بررسی برخوردار بود اما در طی سه سال این آزمایش مشخص شد که در شرایط اقلیمی متفاوت از انتخاب این رقم باید صرف نظر شود. بنابراین عنوان نمود که شاخص پایداری عملکرد شاخص مناسبی برای انتخاب ارقام در شرایط اقلیمی متفاوت نخواهد بود. در این رابطه سینگ و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند که شاخص پایداری عملکرد مقیاس خوبی برای کارایی تحمل به خشکی است و صرفا برای برآورد عملکرد تحت شرایط تنش مفیدتر است.

میانگین بهره‌وری (حسابی) (MP)

بین سال‌های آزمایش تفاوت معنی‌دار به لحاظ آماری دیده شد که نشان دهنده اثر تغییرات آب و هوایی در دو سال آزمایش بر شاخص مذکور می‌باشد (جدول ۱). همچنین MP در تاریخ کاشت‌های مورد بررسی در سطح آماری ۱ درصد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۱). میزان MP در تاریخ کاشت ۲۰ مهر (٤٤۸۰/۱) بود که از مقدار این شاخص در تاریخ کاشت ۱۰ آبان (۲۵۹٦/٤) بیشتر بوده و نشان می‌دهد تأخیر در کاشت باعث حساسیت بیشتر به تنش می‌گردد (جدول ۲). تفاوت لاین‌ها از نظر MP در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۱). بیشترین میزان MP در لاین L1206 (۳۹۰٦) و کمترین میزان در لاین L1112 (۳۱٦۵/۲) مشاهده شد (جدول ۳). تفاوت معنی‌دار بین لاین‌های مورد مطالعه در دو سال مورد نظر از لحاظ MP در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل سال در لاین نشان داد که بالاترین MP در لاین L1091 در سال اول و لاین L1206 در سال دوم به ترتیب به میزان ٤٤۱۸/۷ و ۳۸۷۷/۷ به دست آمد (جدول ٤) و از طرف دیگر کمترین MP در لاین L1091 در سال دوم به میزان ۲۹۱٦/۳ مشاهده شد (جدول ٤) که نشان دهنده اثر قابل توجه شرایط آب و هوایی متفاوت در دو سال مورد بررسی در لاین L1091 می‌باشد. در مقابل لاین L1206 که بالاترین MP را در سال دوم آزمایش دارا بود، اختلاف معنی‌دار بین میزان MP آن در سال اول و دوم دیده نشد. بنابراین لاین L1206 به علت عدم تفاوت معنی‌دار در میزان MP در دو سال مورد بررسی و بالاترین MP در سال دوم از تحمل به تنش بیشتری برخوردار است و بر اساس MP به عنوان لاین متحمل شناسایی می‌شود. قلی‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) عنوان کردند که انتخاب بر اساس MP می‌تواند به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با متوسط عملکرد بیشتر در محیط‌های مختلف کمک کند. علی‌اکبری و همکاران (۲۰۱٤) نیز گزارش کردند که شاخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری و شاخص تحمل به تنش به‌طور مشابه ژنوتیپ‌ها را بر اساس مقاومت به تنش دسته‌بندی می‌کنند.

جدول ٤- اثر متقابل سال و لاین بر شاخص‌های تحمل به تنش

تیمارهای آزمایشی		عملکرد دانه (شرایط بدون تنش) (Yp)	عملکرد دانه (شرایط تنش) (Ys)	شاخص تحمل به تنش (STI)	شاخص عملکرد (YI)	شاخص پایداری عملکرد (YSI)	میانگین بهره‌وری (MP)	میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)
سال	لاین							
۹۵-۱۳۹٤	L1112	۳۹۷۰/۸bc	۲۷٤٦/٥bc	۰/٦۸bc	۰/۹۳bc	۰/۷۰a	۳۳٥۸/۷bcd	۳۲۹۲/٥bcd
	L1091	٥۱۱٦/۷a	۳۷۲۰/۷a	۱/۱۷a	۱/۲۷a	۰/۷۲a	٤٤۱۸/۷a	٤۳٥۲/٥a
	L1093	٤۰٦۸/۲bc	۲۹۱۳/۷bc	۰/۷۳bc	۰/۹۹bc	۰/۷۱a	۳٤۹۱/۰bcd	۳٤۲۱/۸bcd
	L1206	٤٥۸۷/۰ab	۳۲۸۲/۰ab	۰/۹٤ab	۱/۱۲ab	۰/۷۲a	۳۹۳٤/۳ab	۳۸۳٥/٥ab
	Okapi	٤۲٦۷/۳abc	۳۰٦۹/٥abc	۰/۷۹bc	۱/۰٤abc	۰/۷۲a	۳٦٦۸/٥bc	۳٥۹۹/۲bc
۹٦-۱۳۹٥	L1112	۳٤۹٥/۷c	۲٤٤۷/۸c	۰/٥٦c	۰/۸۳c	۰/۷۱a	۲۹۷۱/۷d	۲۹۲۰/۳d
	L1091	۳٤۸۷/۲c	۲۳٤٥/٥c	۰/٥۱c	۰/۸۰c	۰/٦۸a	۲۹۱٦/۳d	۲۸۳۲/٥d
	L1093	۳٦۹٥/٥bc	۲٦۸۸/۷bc	۰/٦۳bc	۰/۹۲bc	۰/۷۳a	۳۱۹۲/۰cd	۳۱٤۹/۷cd
	L1206	٤٥۳۸/۸ab	۳۲۱٦/۲ab	۰/۹۳ab	۱/۰۹ab	۰/۷٤a	۳۸۷۷/۷ab	۳۸۰۳/۸abc
	Okapi	٤۱٥٦/۲abc	۲۹٥۱/٥bc	۰/۸۱bc	۱/۰۰bc	۰/۷۲a	۳٥٥۳/۷bcd	۳٤۸۸/۲bcd

میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون دانکن در سطح ٥ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)

هر چه میزان GMP بیشتر باشد، تحمل رقم به تنش خشکی بیشتر است. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین سال‌های آزمایش در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد (جدول ۱) که این تفاوت بیانگر تاثیر به‌سزای شرایط آب و هوایی متفاوت در دو سال مورد بررسی بر GMP می-باشد. همچنین GMP در دو تاریخ کاشت مورد بررسی تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۱). به‌طوری‌که بیشترین میزان این شاخص که نشان‌دهنده تحمل نسبی لاین می‌باشد در تاریخ کاشت ۲۰ مهر (٤٤۰۹/۲) مشاهده شد (جدول ۲). بین لاین‌های مورد بررسی از لحاظ GMP اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱) که در این بین، لاین L1206 بیشترین میزان GMP را به میزان ۳۸۱۹/۷ به خود اختصاص داد و کمترین میزان مربوط به لاین L1112 به میزان ۳۱۰٦/٤ بود (جدول ۳). بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر متقابل سال و لاین بر GMP در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). به‌طوری‌که بالاترین GMP در لاین L1091 در سال اول و کمترین نیز در لاین L1091 در سال دوم به ترتیب به میزان ٤۳٥۲/٥ و ۲۸۳۲/٥ مشاهده شد (جدول ٤). بنابراین لاین L1091 نسبت به سایر لاین‌ها به شرایط آب و هوایی متفاوت در دو سال مورد بررسی عکس العمل بیشتری نشان داده است. در مقابل لاین L1206 در سال دوم با بالاترین میزان GMP (۳۸۰۳/۸) و عدم اختلاف معنی‌دار بین میزان آن در سال اول و دوم، از GMP بیشتر و تحمل به تنش بالاتری برخوردار است (جدول ٤). کاکایی و همکاران (۱۳۸۹) و آکتاس (۲۰۱٦) عنوان کردند که شاخص میانگین هندسی بهره‌وری در مقایسه با شاخص میانگین بهره‌وری در تفکیک ژنوتیپ‌ها قدرت بیشتری دارد. همچنین در این رابطه یوسفی (۱۳۹٦) نیز بیان کرد که شاخص میانگین هندسی بهره‌وری به دلیل عدم حساسیت به عملکردهای خیلی بالا و یا خیلی کم تحت تنش گزینه مناسبی برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها می-باشد.

همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه

بیشترین میزان همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش در سطح احتمال یک درصد با شاخص‌های عملکرد (YI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری (MP) و شاخص پایداری عملکرد (YSI) به ترتیب با مقادیر ۱، ۰/۹٦، ۰/۹٥، ۰/۹٤ و ۰/٤۲ معنی‌دار بود. (جدول ٥). عملکرد دانه در شرایط بدون تنش با شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI) و شاخص عملکرد (YI) به ترتیب با مقادیر ۰/۹٦، ۰/۹٤، ۰/۹۳ و ۰/۸۲ ارتباط مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ٥). شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای ضریب همبستگی بالایی با عملکرد دانه

باشند، به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شوند چرا که این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌ها با عملکرد دانه بالا در هر دو محیط می‌باشند (موسوی و همکاران، ۱۳۹۱). بنابراین بیشترین ارتباط مثبت معنی‌دار با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش به‌ترتیب میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین بهره‌وری (MP) مشاهده شد. در مطالعه یوسفی (۱۳۹۶) نشان داده شد که عدم همبستگی معنی‌دار آماری بین متوسط عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش با شاخص پایداری عملکرد و شاخص حساسیت به تنش، عکس شاخص‌های تحمل به تنش و شاخص عملکرد رابطه معنی‌دار با عملکرد ها داشتند، حاکی از عدم کارایی این معیارها برای گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب است. حاجی بابائی و عزیزی (۱۳۹۰) نیز در بررسی شاخص‌های تحمل به تنش در هیبریدهای ذرت شاخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری و شاخص تحمل به تنش را به عنوان بهترین شاخص‌ها برای تعیین ارقام متحمل به تنش معرفی نمودند. گلباشی و همکاران (۱۳۹۰) نیز بهترین شاخص برای ذرت را شاخص‌های میانگین بهره‌وری ، میانگین هندسی بهره‌وری و شاخص تحمل به تنش معرفی نمودند. کاکایی و همکاران نیز (۱۳۸۹) در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص تحمل به تنش، میانگین بهره‌وری و شاخص عملکرد را به عنوان شاخص‌های متحمل به خشکی معرفی نمودند. بنابراین شاخص‌های فوق را مناسب برای غربال کردن ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در هر دو شرایط معرفی کردند. سایر محققین (یاسیر و همکاران، ۲۰۱۳؛ خلیلی و همکاران، ۲۰۱۲) نیز برتری شاخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص تحمل به تنش را برای گزینش ارقام مقاوم به تنش تایید می‌کنند.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش

	Yp	Ys	STI	YI	YSI	MP	GMP
عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp)	۱						
عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys)	۰/۸۲**	۱					
شاخص تحمل به تنش (STI)	۰/۹۳**	۰/۹۵**	۱				
شاخص عملکرد (YI)	۰/۸۲**	۱**	۰/۹۵**	۱			
شاخص پایداری عملکرد (YSI)	- ۰/۱۲ns	۰/۴۲*	۰/۱۸ns	۰/۴۲**	۱		
میانگین بهره وری (حسابی) (MP)	۰/۹۶**	۰/۹۴**	۰/۹۸**	۰/۹۴**	۰/۱۲ ns	۱	
میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)	۰/۹۴**	۰/۹۶**	۰/۹۹**	۰/۹۶**	۰/۱۸ ns	۰/۹۹**	۱

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

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به دست آمده در این آزمایش، همبستگی و ارتباط مثبت معنی‌دار بین شاخص‌های GMP، STI و MP با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش سبب معرفی این شاخص‌ها به عنوان شاخص‌های برتر و موثر در این پژوهش شد. نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های برتر نشان داد که لاین L1206 علاوه بر دارا بودن میزان بالای این شاخص‌ها، با تغییر در شرایط آب و هوایی و تنش خشکی در دو سال مورد بررسی اختلاف معنی‌دار نشان نداد و با بیشترین پایداری عملکرد و کمترین میزان افت عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش به عنوان لاین متحمل توسط شاخص‌های برتر تحمل به تنش، شناسایی و معرفی شد. علاوه بر این با توجه به هدف اصلی این پژوهش، به منظور انتخاب لاینی که بتواند در تناوب با گندم پاییزه کشت شود و از طرفی نیز در انتهای فصل رشد در شرایط کمبود آب به تنش خشکی تحمل خوبی نشان داده و کمترین میزان افت عملکرد را داشته باشد، لاین L1206 را می‌توان به عنوان لاین برتر معرفی و پیشنهاد داد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری و مساعدت موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و تمامی اساتید و کارکنان این موسسه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

آناقلی، ا.، م. ج. روستا و آ. آذری. ۱۳۹۵. انتخاب ارقام متحمل به شوری کلزا با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش. دو فصلنامه علمی پژوهشی خشک بوم. جلد ٦، شماره ۲: ۹-۱.

بلوری، پ.، و. رشیدی، م. یارنیا، ا. رزبان‌حقیقی و م. سلطانی. ۱۳۹۰. بررسی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ارقام آفتابگردان. مجله پژوهش‌های به‌زراعی.جلد ۳، شماره ۲: ۱٤۲-۱۳۳.

حاجی‌بابایی، م. و ف. عزیزی. ۱۳۹۰. ارزیابی شاخص‌های تحمل تنش خشکی در برخی هیبریدهای جدید ذرت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ٤، شماره ۳: ۱۵۵-۱۳۹.

فنائی، ح. ر.، م. ر. ناروئی‌راد و م. محمدقاسمی. ۱۳۹۳. ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا. مجله به‌نژادی نهال و بذر. جلد ۱-۳۰، شماره ۲: ۲۸۷-۲٦۹.

قلی‌زاده، ا.، ح. دهقانی، و ج. دوراک. ۱۳۹۳. ارزیابی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش. نشریه تحقیقات غلات. دانشگاه علوم کشاورزی گیلان. ٤ (۲): ۱۱٤-۱۰۳.

کاکایی، م.، ع. ر. زبرجد، ع. مصطفایی و ع. رضایی‌زاد. ۱۳۸۹. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در کلزا با استفاده از شاخص‌های تحمل. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۳، شماره ٤: ۱۲٤-۱۰۷.

گلباشی، م.، م. ابراهیمی، س. خاوری‌خراسانی، و م. صبور. ۱۳۹۰. بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در هیبریدهای جدید ذرت دانه‌ای (*Zea maize* L.). پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۹، شماره ۱: ۱۱۳-۱۰۳.

منجم، س.، و. ا. محمدی، و ع. احمدی. ۱۳۹۰. ارزیابی تحمل به خشکی در برخی از ارقام زراعی کلزا با استفاده از شاخص‌های ارزیابی تنش. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ٤، شماره ۱: ۱٦۹-۱۵۱.

موسوی، ع.، ب. علیزاده، م. خدارحمی و خ. مصطفوی. ۱۳۹۱. بررسی تحمل به سرما در ارقام زمستانه کلزا در شرایط مزرعه. مجله زارعت و اصلاح نباتات. جلد ۸، شماره ۳: ۲۹-۲۷.

نصراله‌زاده‌اصل، و.، ف. شیری، م. ر. محرم‌نژاد، س. یوسفی و م. باغبانی. ۱۳۹۵. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. جلد ۸، شماره ۳۲: ٦۰-٤۵.

یوسفی، ع. ۱۳۹٦. ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در سه گونه کلزا (*Brassica* spp) تحت شرایط محدودیت آبیاری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد ۱۰، شماره ۲: ۲٦۷-۲۵۷.

Aktas, H. 2016. Drought tolerance indices of selected landraces and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes derived from synthetic wheats. Appl. Ecol. Environ. Res. 14(4): 177-189.

Aliakbari, M., H. Razi and S. A. Kazemeini. 2014. Evaluation of drought tolerance in rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars using drought tolerance indices. Inter. J. Adv. Biol. Biom. Res. 2(3): 696-705.

Bouslama, M. and W. T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Sci. 24: 933-937.

Enjalbert, J. N., S. Zheng, J. J. Johnson, J. L. Mullen, P. F. Byrne and J. K. McKay. 2013. Brassicaceae germplasm diversity for agronomic and seed quality traits under drought stress. Ind. Crops Prod. 47: 176-185.

FAO. 2019. Food outlook. Global Market Analysis. http://www.fao.foodoutlook.com

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C. G. (Ed), Proceedings of the International Symposium on Biology of plants, American Society of Plant Biologists, Rockville, MD. 1249 p.

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. Can. J. Plant Sci. 77(4): 523-531.

Jahangiri, S. and D. Kahrizi. 2015. Study of genetic variation and drought tolerance in commercial rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. J. Genetic Reso. 1(2): 73-82.

Khalili, M., M. R. Naghavi, A. Pour Aboughadareh, S. J. Talebzadeh. 2012. Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in spring canola cultivars (*Brassica napus* L.). J Agric Sci. 4(11):78-85.

Menezes, C. B., C. A. Ticona-Benavente, F. D. Tardin, M. J. Cardoso, E. A. Bastos, D. W. Nogueira, A. F. Portugal, C. V. Santos, and R. E. Schaffert. 2014. Selection indices to identify drought-tolerant grain sorghum cultivars. Genet. Mol. Res. 13(4): 9817-9827.

Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sci. 21(6): 43-46.

Singh, C., V. Kumar, I. Prasad, V. R. Patil. and B. K. Rajkumar. 2016. Response of upland cotton (*G. hirsutum* L.) genotypes to drought stress using drought tolerance indices. J. Crop Sci. Biotech. 19 (1): 53-59.

Yasir, T. A., X. Chen, L. Tian, A. G. Condon and Y. G. Hu. 2013. Screening of Chinese bread wheat genotypes under two water regimes by various drought tolerance indices. Aust. J. Crop Sci. 7(13): 2015-2021.

Evaluation of drought tolerance indices of promising canola lines (*Brassica napus* L.) at changes in planting date

M. Teymoori[1], M.R. Ardakani[2], A.H. Shirani Rad[2,3], M. Alavi Fazel[4], P. Nejatkhah Manavi[5]

Received: 2019-12-27 Accepted: 2020-6-15

Abstract

In order to evaluate drought tolerance indices in promising canola lines affected by planting date, a split plot experiment with randomized complete block design with three replications at research field of Seed and Plant Improvement Research Institute of Karaj, Iran was conducted in 2015-16 and 2016-17. In this study, sowing dates were October 20 (normal) and November 10 (delayed planting) in the main plots, and promising canola lines including L1112, L1091, L1093, L1206 and Okapi were included in the sub-plots. To evaluate different physiological indices of drought tolerance, two separate environments were considered including normal irrigation (control) and irrigation interruption from the pod formation stage to the next (late season drought stress). The results of combined analysis showed that late season drought stress and delayed planting date reduced the yield in all studied lines. Geometric Mean Productivity, Stress Tolerance Index, and Mean Productivity have been selected as superior indices in order to recognizing tolerance line in this study. According to the results of this experiment, line L1206 was introduced as the top line in this study, which is likely to be cultivated in rotation with autumn wheat and, on the other hand, withstand water deficit stress at the end of the growing season.

Keywords: Late sowing, canola lines, grain yield, water deficit

1- Ph.D. Student, Department of Agronomy, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
3- Professor of Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
5- Department of Agronomy, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran