"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و یکم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

ارزیابی رشد و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جدید زمستانه کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

Evaluation of growth and seed yield of new winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) genotypes under terminal drought stress conditions

عباس رضایی زاد[۱]، اسداله زارعی سیاه بیدی[۲] و امیرحسین شیرانی راد[۳]

چکیده

رضایی زاد، ع.، ا. زارعی سیاه بیدی و ا.ح. شیرانی راد. ۱۳۹۸. ارزیابی رشد و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جدید زمستانه کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تنش خشکی انتهای فصل. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۱(٤): ۳٤۳-۳۲۸.**

چکیده

اصلاح و تولید ارقام زراعی مناسب برای مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت زیادی برخوردار است. آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا و شناسایی ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی انجام گرفت. برای این منظور ۱۸ لاین و رقم تجاری جدید کلزا تحت سه تیمار آبیاری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد غرب، کرمانشاه، در دو سال زراعی ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. تیمارهای آبیاری عبارت بودند از؛ آبیاری کامل (شاهد)، قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی تا انتهای فصل رشد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی تا انتهای فصل رشد. نتایج نشان داد که از اجزای عملکرد، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. وزن هزار دانه در تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی و گل‌دهی به ترتیب ۱۲/۸ و ۲٤/٤ درصد کاهش یافت. کاهش تجمعی اجزای عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی باعث کاهش ۳۲/۳ و ٤۱/۳ درصد در عملکرد دانه، به ترتیب در تیمارهای قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی و گل‌دهی شد. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که ارتباط ضعیفی بین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی وجود داشت، بنابراین از شاخص‌های تحمل خشکی برای شناسایی ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی استفاده شد. نمودار سه‌بعدی بر اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی و شاخص STI نشان داد که ژنوتیپ‌های GKH2624، GKH3705، نیما، Neptune، GKH0224 و HW118 در گروه A قرار گرفتند. در تیمار قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی ژنوتیپ‌های GKH2624، GKH3705، نیما، Neptune، GKH0224، HW118، Wpn6 و L155 در گروه A قرار گرفتند. بر اساس نمودارهای سه‌بعدی و بای پلات حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی در شرایط تنش شدید (تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی)، ژنوتیپ‌های WPn6، HW118، نیما وGKH2624 به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و با پتانسیل عملکرد بالا شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: بای پلات، تجزیه به مولفه‌های اصلی، تنش خشکی، عملکرد دانه و کلزا.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۲ این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی شماره ۹۳۳۱۴ – ۰۳ – ۰۳ – ۰ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد.

۱- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: arezaizad@yahoo.com)

۲- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

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

مقدمه

کلزا بعد از سویا و نخل روغنی، سومین گیاه زراعی مهم تأمین‌کننده روغن خوراکی در دنیا می‌باشد (FAO, 2017). زراعت کلزا در دنیا عمدتاً در مناطق اصلی تولید آن، مبتنی بر استفاده از نزولات آسمانی است (Tesfamariam *et al*., 2010)، با این‌حال کلزا یک گیاه زراعی مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب شده (Chen *et al*., 2008) و در بسیاری از مناطق زراعت آن با آبیاری انجام می‌شود (Tesfamariam *et al*., 2010). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در دنیا است. تنش خشکی زمانی رخ می‌دهد که آب کافی برای رشد بهینه گیاه وجود نداشته باشد (Blum, 2012). علی‌رغم اینکه تولید محصولات زراعی متحمل به تنش خشکی ضروری است، ولی تاکنون هیچ فنّاوری اقتصادی قابل قبولی برای تسهیل تولید محصولات در شرایط تنش ارائه نشده است. بااین‌حال اصلاح گیاهان زراعی متحمل به تنش خشکی به‌عنوان یک رویکرد امیدوارکننده مور توجه می‌باشد (Farooq *et al*., 2009).

در ایران گیاه کلزا همانند گندم به هر دو صورت آبی و دیم کشت می‌شود و عموماً در مراحلی از چرخه زندگی خود با تنش خشکی مواجه می‌شود. در اراضی فاریاب و مناطقی که در آن‌ها از آب‌های سطحی برای آبیاری استفاده می‌شود، در اواخر فصل رشد به دلیل کاهش بارندگی و همچنین استفاده از منابع آبی برای زراعت‌های پرسود بهاره، میزان آب قابل دسترس افت شدیدی می‌یابد. در نتیجه فواصل آبیاری طولانی شده و گیاه در مرحله پر شدن دانه با تنش آبی مواجه می‌شود. بنابراین اصلاح ارقامی که نسبت به تنش خشکی انتهای فصل تحمل داشته باشند، ضروری است. حساسیت به تنش خشکی در گیاهان زراعی معمولاً با میزان کاهش عملکرد دانه سنجیده می‌شود (Blum, 2012). عملکرد دانه در گیاهان زراعی نتیجه فرآیندهای فیزیولوژیکی پیچیده‌ای بوده و بیشتر این فرآیندها تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه بستگی به‌شدت تنش و مرحله رشدی گیاه دارد (Fahad *et al*., 2017) بر اساس نتایج برخی آزمایش‌ها، حساس‌ترین زمان برای آبیاری کلزا، مرحله گلدهی و اوایل تشکیل خورجین است (Richard, 1978; Richard & Thrling, 1978). نتایج آزمایش دلخوش و همکاران (Delkhosh *et al*., 2012) نشان داد که تنش خشکی در مرحله زایشی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا شد و اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد دانه کمتر از تأخیر در کاشت بود. هنر و همکاران (Honar *et al*., 2013) در ارزیابی اثرات تنش در مراحل مختلف رشد کلزا نشان دادند که تیمار دیم کامل و تنش در مرحله رسیدگی به ترتیب بیشترین و کمترین اثر را بر کاهش عملکرد دانه داشتند، درحالی‌که بیشترین حساسیت کلزا مربوط به تنش در بین دو مرحله رشد رویشی مجدد و شروع گلدهی بود. تنش خشکی از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد، باعث کاهش عملکرد دانه کلزا می‌شود. بطور کلی در میان اجزای عملکرد کلزا، تعداد خورجین در بوته بیشترین حساسیت را به تنش خشکی دارد. تنش خشکی در مرحله گلدهی به دلیل ریزش شدیدتر گل‌ها، باعث کاهش قابل‌توجه تعداد خورجین در بوته می‌شود (Sinaki *et al*., 2007). نتایج آزمایش دانشمند و همکاران (Daneshmand *et al*., 2006) نشان داد که اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه کلزا از طریق کاهش در تعداد دانه رخ داد. در آزمایش قبادی و همکاران (Ghobadi *et al*., 2006) کاهش عملکرد دانه کلزا در شرایط تنش خشکی کوتاه‌مدت در مرحله گلدهی و خورجین دهی حاصل کاهش تعداد خورجین در بوته و در شرایط تنش بلندمدت خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها حاصل کاهش وزن دانه بود.

بر اساس منابع موجود، تنوع ژنتیکی از حیث عملکرد و اجزای آن در بین و درون

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

گونه‌های براسیکا در شرایط تنش خشکی وجود دارد (Richard and Thrling, 1978). بلوم (Blum, 2012) و پانتوان و همکاران (Pantuwan *et al.*, 2002) بیان داشتند که عملکرد دانه فقط در شرایط تنش متوسط و شدید کاهش می‌یابد و کریم زاده و محمدی (Karimzadeh and Mohammadi, 2011) پیشنهاد دادند که به‌نژادگران برای غربالگری ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی باید شدت تنش را در محیط‌های هدف در نظر بگیرند.

در حال حاضر بیشترین سطح زیر کشت کلزا در ایران متعلق به استان‌های شمالی کشور است که دلیل آن فراهم بودن رطوبت و بارندگی کافی در این مناطق است. با این‌حال مناطق سرد و معتدل سرد کشور همانند استان کرمانشاه دارای ظرفیت مناسبی برای توسعه زراعت کلزا هستند. در این مناطق یکی از مشکلات اصلی زراعت کلزا عدم وقوع بارندگی‌های مناسب در مرحله گلدهی کلزا و بعد از آن است. در این مناطق کشاورزان کلزا کار که علاوه بر کلزا اقدام به زراعت ذرت یا گندم می‌کنند، در فصل بهار در اردیبهشت‌ماه، از آبیاری کلزا صرف‌نظر نموده و به آبیاری گندم و ذرت می‌پردازند. قطع آبیاری کلزا در این مرحله مقارن با گلدهی و دانه‌بندی کلزا بوده و باعث ایجاد تنش و کاهش محصول می‌شود؛ بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی انتهای فصل در این مناطق از اهمیت زیادی برخوردار است. از این رو این تحقیق به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های جدید زمستانه کلزا و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی انتهای فصل در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد غرب، کرمانشاه، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد تعدادی از ژنوتیپ‌های زمستانه کلزا و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی انتهای فصل از شهریور ۱۳۹۳ به مدت دو سال زراعی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب واقع در کیلومتر ۷ جاده اسلام‌آباد غرب-کرند غرب بین دو عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شرقی و ۴۷ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی در دامنه رشته کوه‌های زاگرس با ارتفاع ۱۳۴۶ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالانه ۴۶۸ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۳+ درجه سانتی‌گراد، انجام شد. وضعیت اقلیمی ایستگاه مذکور طی دو سال آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. تعداد ۱۸ ژنوتیپ کلزا (جدول ۲) شامل ارقام و لاین‌های خارجی و داخلی در سه تیمار رطوبتی؛ آبیاری کامل، قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به‌صورت سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. در هر دو سال آزمایش، زمین مورد نظر در سال قبل زیر کشت گندم بود. عملیات تهیه زمین شامل در شهریور انجام و بر اساس نتایج آزمون خاک، نیاز کودی گیاه در دو سال آزمایش (به طور میانگین) با ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم تامین شد. تمام کود پتاس و فسفر و یک سوم از کود نیتروژن توصیه شده در زمان کاشت و در هنگام تهیه زمین مصرف شد و در زمان شروع ساقه-دهی و همچنین ظهور اولین غنچه‌های گل دو قسمت دیگر کود نیتروژن به خاک داده شدند. برای آبیاری از سیستم آبیاری تحت فشار کلاسیک ثابت استفاده شد. در پاییز هر سال سه بار آبیاری برای یکنواختی سبز شدن بوته‌ها انجام گرفت و در بهار در تیمارهای رطوبتی آبیاری کامل، قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی به ترتیب چهار، سه و یک مرتبه آبیاری انجام شد. بذرکاری در اول مهر ماه هر سال به‌صورت کاشت در ردیف‌های ۲۵

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

سانتی‌متری روی پشته‌های از قبل آماده‌شده انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر و مساحت پنج مترمربع بود. برای مبارزه با شته مومی از آفت‌کش سیستمیک متاسیستوکس (یک لیتر در هکتار) استفاده شد. برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ از علف‌کش سوپرگالانت به میزان ۰/۸ لیتر در هکتار استفاده شد و علف‌های هرز پهن‌برگ نیز به‌صورت وجین دستی کنترل شدند. در طول فصل زراعی اجزای عملکرد دانه شامل تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین یادداشت‌برداری شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (۳۰-۲۵ خرداد)، برداشت محصول با حذف نیم متر از دو انتهای کرت انجام گرفت و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها بر اساس رطوبت دانه ۱۲-۱۰ درصد تعیین شد .وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها از طریق شمارش نمونه‌های ۵۰۰ تایی در هر تکرار و توزین آن بر حسب گرم اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل خشکی شاخص‌های ذیل محاسبه شدند:

شاخص تحمل (TOL) (Rosielle and Hamblin, 1981):

$$TOL = Yp - Ys \quad \text{(رابطه ۱)}$$

Yp: عملکرد ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و Ys: عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش هستند.

میانگین حسابی (MP) (Rosielle and Hamblin, 1981):

$$Mp = (Yp + Ys)/2 \quad \text{(رابطه ۲)}$$

میانگین هندسی (GMP) (Fernandez, 1992):

$$GMP = \sqrt{Yp \times Ys} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

شاخص تحمل تنش (STI) (Fernandez, 1992):

$$STI = (Yp \times Ys)/(\overline{Y}p)^2 \quad \text{(رابطه ۴)}$$

شاخص حساسیت به تنش (SSI):

$$SSI = 1 - (Ys/Yp)/D \quad \text{(رابطه ۵)}$$

D (شدت تنش) با استفاده از رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

$$D = 1 - (\overline{Y}s/\overline{Y}p) \quad \text{(رابطه ۶)}$$

$\overline{Y}p$ و $\overline{Y}s$: میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش هستند (Fischer and Maurer, 1978).

برای اندازه‌گیری درصد تغییرات صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش از رابطه ۷ استفاده شد.

$$Changes(\%) = (Yp - Ys)/Yp) \times 100 \quad \text{(رابطه ۷)}$$

Yp و Ys: به ترتیب عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی هستند.

با توجه به اینکه تیمارهای رطوبتی به صورت سه آزمایش جداگانه در نظر گرفته شدند، از روش تجزیه واریانس مرکب برای تجزیه داده‌ها استفاده شد و آزمون F برای معنی‌دار بودن منابع تغییرات با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات و با فرض ثابت بودن تیمارهای رطوبتی (محیط) به عنوان فاکتور ثابت و سال به عنوان فاکتور تصادفی انجام شد.

برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم بای‌پلات از نرم‌افزارهای Minitab و SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون بارتلت برای ارزیابی یکنواختی اشتباهات آزمایشی نشان دهنده یکنواختی اشتباهات آزمایشی برای صفات مورد بررسی بود، با این حال یکنواختی اشتباهات آزمایشی مربوط به عملکرد دانه کمتر از سایر صفات بود و از نظر معنی‌دار بودن در مرز تصمیم‌گیری قرار گرفت.

نتایج نشان داد که اثر سال بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا معنی‌دار بود. این موضوع به تفاوت میزان بارندگی در دو سال اجرای آزمایش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

جدول ۱- اطلاعات اقلیمی ایستگاه اسلام‌آباد غرب (سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴)

Table 1. Meteorological information of Islamabad-e-Gharb Research Station, Iran (2014-15 and 2015-16 growing seasons)

		۱۳۹۳-۹۴ 2014-2015				۱۳۹۴-۹۵ 2015-2016			
		دما Temperature (°C)				دما Temperature (°C)			
Month	ماه	متوسط Average	حداکثر Max.	حداقل Min.	بارندگی (mm) Precipitation	متوسط Average	حداکثر Max.	حداقل Min.	بارندگی (mm) Precipitation
Sep.-Oct.	مهر	16.9	30.4	1.4	40.9	19.0	33.4	2.4	3.4
Oct.-Nov.	آبان	8.7	22.4	-4.2	61.5	10.0	26.2	-0.4	266.2
Nov.-Dec.	آذر	6.2	-	-	38.2	3.3	18.0	-11.4	60.4
Dec- Jan.	دی	2.4	14.8	-8.8	31.2	3.1	15.4	-8.6	67.7
Jan.-Feb.	بهمن	6.3	18.6	-0.8	20.7	3.2	10.0	-8.8	68.3
Feb.-Mar.	اسفند	5.9	20.2	-6.4	46.5	9.0	19.0	-3.0	85.2
Mar.-Apr.	فروردین	16.5	27.4	-1.6	58.1	9.6	22.6	-2.8	137.6
Apr.-May	اردیبهشت	17.4	32.8	-1.2	9.7	16.3	31.8	1.8	39.8
May-Jun.	خرداد	24.5	37.4	9.4	0.0	19.6	33.6	5.8	0.0

جدول ۲- نام، منشأ و تیپ رشد ژنوتیپ‌های زمستانه کلزا

Table 2. Name, origin and type of winter oilseed rape genotypes

شماره No.	ژنوتیپ‌های کلزا Oilseed rape genotypes	منشأ و تیپ رشد Origin and type of growth	شماره No.	ژنوتیپ‌های کلزا Oilseed rape genotypes	منشأ و تیپ رشد Origin and type of growth
1	OPERA	رقم آزادگرده افشان- سوئد Sweden open pollinated cultivar	10	GABRIELLA	رقم آزادگرده افشان- مجارستان Hungarian open pollinated cultivar
2	Ahmadi	رقم آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated cultivar	11	NEPTUNE	رقم هیبرید- فرانسه French Hybrid cultivar
3	Nafis	رقم آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated cultivar	12	ELVISE	رقم هیبرید- فرانسه French Hybrid cultivar
4	Nima	رقم آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated cultivar	13	HW118	لاین آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated Line
5	KARAJ1	لاین آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated Line	14	HL2012	لاین آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated Line
6	OKAPI	رقم آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated cultivar	15	WPN6	لاین آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated Line
7	GKH3705	رقم آزادگرده افشان- مجارستان Hungarian open pollinated cultivar	16	L155	لاین آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated Line
8	GKH2624	رقم آزادگرده افشان- مجارستان Hungarian open pollinated cultivar	17	HL3721	لاین آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated Line
9	GKH0224	رقم آزادگرده افشان- مجارستان Hungarian open pollinated cultivar	18	KARAJ2	لاین آزادگرده افشان- ایران Iranian open pollinated Line

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

بر می‌گردد، به‌طوری‌که میانگین بارندگی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ حدود ۳۰۶ میلی‌متر و در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ حدود ۷۲۹ میلی‌متر بود (جدول ۱).شرایط اقلیمی مناسب باعث شد که میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا در سال دوم آزمایش (۴۵۴۱ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت معنی‌داری بیشتر از سال اول آزمایش (۳۲۶۷ کیلوگرم در هکتار) باشد. این وضعیت در خصوص اجزای عملکرد نیز صادق بود، به‌طوری‌که میانگین تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در سال دوم آزمایش به ترتیب ۱۵۳، ۲۵/۴ و ۴/۴ گرم و در سال اول آزمایش به ترتیب ۱۳۳، ۲۳/۱ و ۳/۹ گرم بود. در بین اجزای عملکرد، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند.

نتایج نشان داد که وزن هزار دانه در مقایسه با تعداد دانه در خورجین در اثر تنش خشکی کاهش بیشتری داشت، به‌طوری‌که در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۱۲/۸ و ۲۳/۴ درصد کاهش یافت، این کاهش برای تعداد دانه در خورجین به ترتیب ۳/۹۷ و ۷/۵ درصد بود. به نظر می‌رسد که تنش خشکی، به‌ویژه در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد تأثیر کمتری بر تعداد دانه در خورجین دارد، زیرا تعداد دانه در خورجین قبل از اعمال تنش تعیین شده و تنش خشکی فقط باعث سقط تعداد کمی از این دانه‌ها شده است؛ اما این وضعیت در مورد وزن هزار دانه متفاوت است و تنش خشکی در هر دو مرحله مصادف با دوره پرشدن دانه است. در دوره پرشدن دانه تنش خشکی باعث اختلال شدید در روند طبیعی پرشدن دانه می‌شود و در نتیجه وزن هزار دانه به‌شدت کاهش پیدا می‌کند. تنش خشکی در مراحل گلدهی و پرشدن دانه از طریق قطع فتوسنتز گیاه، تولید مواد پرورده مورد نیاز برای پر شدن دانه را کاهش داده و نتیجه آن کاهش وزن و چروکیدگی دانه است (Shirani Rad and Zandi, 2012).

اثر تنش خشکی در بین اجزای عملکرد، بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار نبود. در نتایج برخی آزمایش‌ها به وراثت‌پذیری پایین تعداد خورجین در بوته در کلزا اشاره شده است، زیرا این صفت به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی است (Diepenbrock, 2000). اما برهمکنش سال در تنش خشکی برای این صفت معنی‌دار بود، به‌طوری‌که در سال اول تعداد خورجین در بوته در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۰/۸ و ۳ درصد کاهش یافت، درحالی‌که در سال دوم این میزان به ترتیب ۲/۶ و ۲۰/۳ درصد بود. علی‌رغم بارندگی بیشتر در سال دوم آزمایش، چون بیشتر این بارندگی‌ها در فصل بهار در اوایل فروردین و قبل از مرحله گلدهی کلزا صورت گرفت، در نتیجه تاثیری بر تخفیف اثر قطع آبیاری از مرحله گلدهی بر تعداد خورجین در بوته نداشت. از طرف دیگر چون تعداد خورجین در بوته بیشتر تحت تأثیر تنش در دوره گلدهی قرار می‌گیرد، بنابراین در اثر اعمال تنش در مرحله خورجین دهی (و تامین رطوبت مورد نیاز گیاه در مرحله گلدهی)، کاهش چشمگیری در تعداد خورجین در بوته مشاهده نشد. این موضوع توسط جباری و همکاران (Jabbari *et al.*, 2015) نیز گزارش شده است. در این خصوص قبادی و همکاران (Ghobadi *et al.*, 2006) گزارش دادند که کاهش عملکرد کلزا در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی و خورجین‌دهی باعث کاهش تعداد خورجین در بوته شد، اما در شرایط تنش خشکی بلندمدت در زمان پر شدن دانه، ناشی از کاهش وزن هزار دانه بود. کاهش تجمعی اجزای عملکرد در شرایط تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. کاهش عملکرد دانه به‌مراتب بیش از کاهش تک تک اجزای عملکرد بود، به‌طوری‌که این کاهش در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی و گلدهی به ترتیب ۳۲/۳ و ۴۱/۳ درصد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

جدول ۳- میانگین و درصد تغییرات عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا در تیمارهای تنش خشکی

Table 3. Mean and variation of seed yield and yield components of oilseed rape genotypes in drought stress treatments

Treatments	تیمارهای آزمایشی	Mean میانگین			
		خورجین در بوته Silique.plant^{-1}	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	وزن هزار دانه 1000 Seed weight (g)	دانه در خورجین Seed.silique^{-1}
Full irrigation	آبیاری کامل	150.0	5174	4.7	25.2
Irrigation withhold from silique development stage	قطع آبیاری از خورجین‌دهی	147.0	3501	4.1	24.2
Variation compared to full irrigation (%)	تغییرات نسبت به آبیاری کامل	2.0	32.3	12.8	3.97
Irrigation withhold from flowering stage	قطع آبیاری از گلدهی	131.0	3038	3.6	23.3
Variation compared to full irrigation (%)	تغییرات نسبت به آبیاری کامل	12.7	41.3	23.4	7.50

جدول ۴- شاخص‌های تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های کلزا در تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی

Table 4. Drought tolerance indices of oilseed rape genotypes in irrigation withhold from silique development stage treatment

شماره No.	ژنوتیپ‌های کلزا Oilseed rape genotypes	Yp	Ys	TOL	MP	SSI	GMP	STI
1	OPERA	5081	3347	1734	4214	1.07	4124	0.64
2	Ahmadi	4388	3304	1084	3846	0.77	3807	0.54
3	Nafis	4981	4020	961	4500	0.6	4475	0.75
4	Nima	5614	3782	1831	4698	1.02	4608	0.79
5	KARAJ1	4788	3130	1658	3959	1.08	3871	0.56
6	OKAPI	4410	3278	1132	3844	0.8	3802	0.54
7	GKH3705	5167	4233	934	4700	0.57	4676	0.82
8	GKH2624	5365	4282	1083	4823	0.63	4793	0.86
9	GKH0224	5621	3596	2025	4608	1.13	4496	0.76
10	GABRIELLA	4719	3086	1633	3902	1.08	3816	0.54
11	NEPTUNE	5259	3711	1548	4485	0.92	4418	0.73
12	ELVISE	4715	3329	1386	4022	0.92	3962	0.59
13	HW118	6064	3497	2567	4780	1.32	4605	0.79
14	HL2012	5535	3145	2390	4340	1.35	4173	0.65
15	WPN6	5842	3357	2485	4599	1.33	4428	0.73
16	L155	5247	3457	1790	4352	1.07	4259	0.68
17	HL3721	4973	3100	1873	4036	1.18	3926	0.58
18	KARAJ2	5362	3358	2004	4360	1.17	4243	0.67

Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد در شرایط قطع آبیاری، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل تنش، TOL: شاخص تحمل، MP: میانگین بهره‌وری

Yp: Yield potential, Ys: Yield under irrigation withhold, GMP: Geometric Mean Productivity, SSI: Stress Susceptibility Index, STI: Stress Tolerance Index, TOL: Tolerance Index, MP: Mean Productivity

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

بود (جدول ۳). کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در تیمارهای رطوبتی با قطع آبیاری از مرحله زایشی نشان دهنده حساسیت کلزا به تنش کم‌آبی در مراحل زایشی است که در منابع مختلف نیز به آن اشاره شده است (Shampolivier and Merrien, 1996; Shirani rad and Zandi, 2012; Hamed *et al*., 2014).

اثر تنش خشکی بر عملکرد گیاه بستگی به‌شدت تنش و مرحله رشدی گیاه دارد (Fahad *et al*., 2017). با توجه به اینکه کلزا در مرحله گلدهی حساسیت بیشتری به تنش خشکی دارد و با قطع آبیاری از مرحله گلدهی شدت تنش بیشتری ایجاد شده است، در نتیجه میزان کاهش عملکرد در تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی بیش از تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی می‌باشد. در آزمایش قبادی و همکاران (Ghobadi *et al*., 2006) نیز بیشترین کاهش عملکرد کلزا ناشی از تنش خشکی در مرحله گلدهی (۳۰/۳ درصد) بود و پس از آن متعلق به تنش در مرحله خورجین دهی (۲۰/۷ درصد) بود. بر اساس نتایج آزمایش حامد و همکاران (Hamed *et al*., 2015)، قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد در کلزا به دلیل کاهش تعداد دفعات آبیاری و استفاده بهینه از آن در زراعت‌های تابستانه می‌تواند در افزایش بهره‌وری و سطح زیر کشت کلزا در مناطق خشک و نیمه‌خشک مؤثر باشد.

نتایج نشان داد که برهمکنش ژنوتیپ در تنش خشکی برای عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا، به‌استثنای تعداد دانه در خورجین، معنی‌دار نبود. بیشترین میانگین عملکرد دانه در سه تیمار رطوبتی و طی دو سال آزمایش مربوط به ژنوتیپ‌های GKH2624، HW118، نیما، wpn6 و نفیس (به ترتیب ۴۳۷۵، ۴۲۹۲، ۴۲۸۴، ۴۲۵۱ و ۴۱۷۰ کیلوگرم در هکتار) بود. در بین ژنوتیپ‌های فوق دو رقم نیما و نفیس در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ توسط محققان داخلی اصلاح و معرفی شده‌اند و لاین HW118 نیز مراحل انتهایی ارزیابی‌های لازم را برای معرفی به‌عنوان رقم جدید می‌گذراند. هیبریدهای فرانسوی Neptune و Elvise که هم‌اکنون دارای سطح زیر کشت زیادی در مناطق سرد و معتدل سرد کشور می‌باشند، به ترتیب با ۳۹۶۳ و ۳۷۰۸ کیلوگرم در هکتار در رتبه‌های ۹ و ۱۳ عملکرد دانه قرار گرفتند.

نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که رابطه نسبتاً ضعیفی بین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی برای ژنوتیپ‌های کلزای مورد بررسی وجود داشت، به‌طوری‌که همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی ^{ns}۰/۲۷ و بین آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله گلدهی *۰/۴۸ بود. در آزمایش فرناندز (Fernandez, 1992) نیز همبستگی بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش ملایم ۰/۴۶ و برای شرایط تنش شدید ۰/۲۲ گزارش شد، در صورتی‌که رابطه بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش خشکی برابر با یک باشد (r^2=1)، استفاده از سایر شاخص‌های تحمل برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی ضرورتی ندارد (Rashidi *et al*., 2017)، اما با توجه به همبستگی ضعیف بین عملکرد دانه در شرایط تنش و آبیاری کامل در این آزمایش، انتخاب بر اساس این دو شاخص به‌تنهایی نمی‌تواند منجر به شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و دارای پتانسیل عملکرد بالا شود، درنتیجه استفاده از سایر شاخص‌های تحمل خشکی ضروری است.

محاسبه برخی از شاخص‌های تحمل خشکی برای ژنوتیپ‌های کلزای مورد بررسی در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی نشان داد که GKH2624، GKH3705، نیما و HW118 به ترتیب دارای بیشترین STI و GMP بودند و در هر دو شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی دارای عملکرد قابل قبولی بودند (جدول ۴). نتایج آزمایش‌های مختلف نشان داده است که انتخاب بر اساس شاخص‌های GMP و STI منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی می‌شود (Fernandez, 1992; Monajem *et al*., 2012; Rashidifar *et al*., 2012). از طرف دیگر ژنوتیپ‌های GKH2624، GKH3705، نفیس و احمدی به ترتیب دارای کمترین شاخص حساسیت به تنش و TOL بودند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص حساسیت به تنش، مواد آزمایشی را فقط بر اساس تحمل و حساسیت به تنش دسته‌بندی می‌کند، به‌عبارت‌دیگر با استفاده از این شاخص می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به عملکرد آن‌ها مشخص کرد (Naderi *et al*., 2000).

محاسبه برخی از شاخص‌های تحمل خشکی برای ژنوتیپ‌های کلزای مورد بررسی در شرایط قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی (جدول ۶) نشان داد که ژنوتیپ‌های HW118، Wpn6، نیما و GKH2624 دارای بیشترین مقادیر STI و GMP بودند و بنابراین به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شناخته شدند (جدول ۵). ژنوتیپ‌های اوکاپی، نفیس، Elvise، L155 و GKH2624 دارای کمترین مقدار SSI و TOL بودند و بنابراین کمترین حساسیت به تنش خشکی را داشتند.

جدول ۵- شاخص‌های تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های کلزا در تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی

Table 5. Drought tolerance indices of oilseed rape genotypes in irrigation withhold from flowering stage treatment

شماره No.	ژنوتیپ‌های کلزا Oilseed rape genotypes	Yp	Ys	TOL	MP	SSI	GMP	STI
1	OPERA	5081	2694	2387	3888	1.14	3700	0.51
2	Ahmadi	4388	2388	2000	3388	1.11	3237	0.39
3	Nafis	4981	3292	1689	4136	0.82	4049	0.61
4	Nima	5614	3456	2158	4535	0.93	4404	0.72
5	KARAJ1	4788	2748	2040	3768	1.03	3627	0.49
6	OKAPI	4410	3327	1083	3869	0.6	3831	0.55
7	GKH3705	5167	3108	2059	4137	0.97	4007	0.6
8	GKH2624	5365	3477	1887	4421	0.85	4319	0.7
9	GKH0224	5621	3259	2362	4440	1.02	4280	0.68
10	GABRIELLA	4719	2853	1866	3786	0.96	3669	0.5
11	NEPTUNE	5259	2919	2341	4089	1.08	3918	0.57
12	ELVISE	4715	3081	1634	3898	0.84	3811	0.54
13	HW118	6064	3315	2749	4689	1.1	4483	0.75
14	HL2012	5535	3118	2418	4326	1.06	4154	0.64
15	WPN6	5842	3554	2288	4698	0.95	4556	0.78
16	L155	5247	3423	1825	4335	0.84	4238	0.67
17	HL3721	4973	1999	2974	3486	1.45	3153	0.37
18	KARAJ2	5362	2680	2682	4021	1.21	3791	0.54

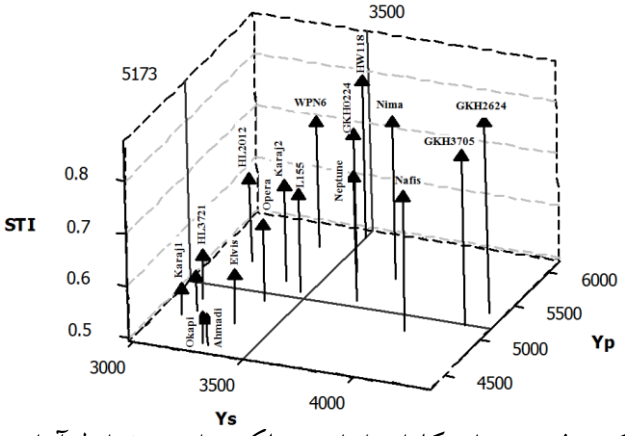
Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد در شرایط قطع آبیاری، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل تنش، TOL: شاخص تحمل، MP: میانگین بهره‌وری

Yp: Yield potential, Ys: Yield under irrigation withhold, GMP: Geometric Mean Productivity, SSI: Stress Susceptibility Index, STI: Stress Tolerance Index, TOL: Tolerance Index, MP: Mean Productivity

نمودار سه‌بعدی بر اساس عملکرد در شرایط آبیاری کامل (Yp)، قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی (Ys) و شاخص STI نشان داد که ژنوتیپ‌های GKH2624، GKH3705، نیما، Neptune، GKH0224 و HW118 در گروه A قرار گرفتند (شکل ۱). عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی از میانگین عملکرد سایر ژنوتیپ‌ها بالاتر بود. در این بین ژنوتیپ‌های HW118، GKH2624 و نیما از STI بالایی نیز برخوردار بودند و بر اساس تعریف فرناندز (Fernandez, 1992) متحمل

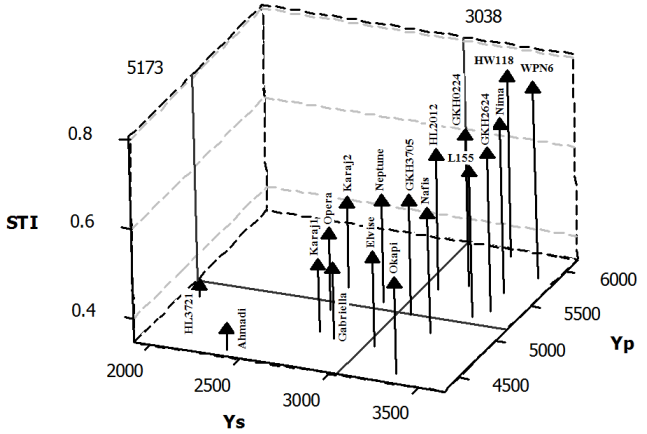
[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

به تنش خشکی شناخته شدند. ژنوتیپ نفیس در مرز گروه A و C قرار گرفت و از عملکرد خوبی در شرایط تنش برخوردار بود. ژنوتیپ‌هایWpn6، L155، Karaj2 و HL2012 در گروه B قرار گرفتند و از عملکرد بالایی تنها در شرایط آبیاری کامل برخوردار بودند، ضمناً این ژنوتیپ‌ها به‌استثنای Wpn6 از STI پایینی برخوردار بودند و بنابراین متحمل به تنش خشکی نبودند. نمودار سه‌بعدی بر اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل (Yp)، قطع آبیاری از مرحله گلدهی (Ys) و شاخص STI (شکل۲) نشان داد که ژنوتیپ‌های GKH2624، GKH3705، نیما، Neptune، GKH0224، HW118، Wpn6 و L155 در گروه A قرار گرفتند. در این گروه ژنوتیپ‌های Wpn6، HW118 و نیما از STI بالایی برخوردار بودند و بنابراین متحمل به تنش خشکی شناخته شدند.



شکل ۱- نمودار سه‌بعدی پراکنش ژنوتیپ‌های کلزا بر اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل (Yp)، عملکرد در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی (Ys) و شاخص تحمل تنش(STI)

Fig. 1. 3-D diagram of distribution of oilseed rape genotypes based on grain yield under full irrigation (Yp), grain yield in irrigation withhold from silique development stage (Ys) and stress tolerance index (STI)



شکل ۲- نمودار سه‌بعدی پراکنش ژنوتیپ‌های کلزا بر اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل (Yp)، عملکرد در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی (Ys) و شاخص تحمل تنش(STI)

Fig. 2. 3-D diagram of distribution of oilseed rape genotypes based on grain yield under full irrigation (Yp), grain yield in irrigation withhold from flowering stage (Ys) and stress tolerance index (STI)

انتخاب بر اساس ترکیبی از شاخص‌های تحمل خشکی و عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش، باعث انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و غیر تنش می‌شود (Fernandez, 1992). برای منظور تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و همچنین شاخص‌های تحمل خشکی انجام شد. نتایج نشان داد که دو مؤلفه اصلی اول بیش از ۹۹/۹ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۶).

بیشترین ضرایب مؤلفه اول متعلق به شاخص‌های STI، GMP و میانگین حسابی بود، در نتیجه انتخاب بر اساس این مولفه باعث انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی می‌شود. بیشترین ضرایب مؤلفه دوم متعلق به شاخص‌های SSI و TOL بود و انتخاب بر اساس این مولفه باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی با حساسیت پایین به تنش می‌شود. با توجه به بای پلات منتج از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (شکل ۳)، انتخاب بر اساس مؤلفه اصلی اول با توجه به جهت و زاویه بردارهای مربوط به شاخص‌های تحمل تنش و موقعیت مکانی ژنوتیپ‌ها در ارتباط با این بردارها منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های HW118، GKH2624، نیما و GKH3705 شد. ژنوتیپ-های مذکور دارای بیشترین مقادیر برای STI و GMP بودند. انتخاب بر اساس مؤلفه اصلی دوم منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های GKH3705، نفیس، GKH2624، Ahmadi و Okapi شد. این ژنوتیپ‌ها از مقادیر SSI پایینی برخوردار بودند و در نتیجه حساسیت به تنش پایینی دارند.

جدول ۶- تجزیه به مولفه‌های اصلی برای شاخص‌های تحمل خشکی ژنوتیپ‌های کلزا در تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی

Table 6. Principal component analysis for drought tolerance indices of oilseed rape genotypes in irrigation withhold from silique development stage treatment

مؤلفه Component	TOL	SSI	STI	GMP	MP	Yp	Ys	سهم تجمعی Cumulative proportion	مقادیر ویژه Eigen values
First اول	0.07	-0.05	0.48	0.48	0.48	0.38	0.38	0.61	4.29
Second دوم	0.60	0.60	-0.04	-0.03	0.05	0.37	-0.37	0.999	2.70

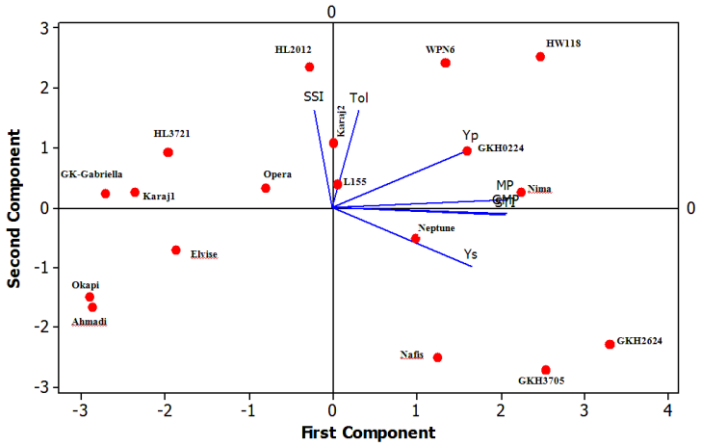
جدول ۷- تجزیه به مولفه‌های اصلی برای شاخص‌های تحمل خشکی ژنوتیپ‌های کلزا در تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی

Table 7. Principal component analysis for drought tolerance indices of oilseed rape genotypes in irrigation withhold from flowering stage treatment

مؤلفه Component	TOL	SSI	STI	GMP	MP	Yp	Ys	سهم تجمعی Cumulative proportion	مقادیر ویژه Eigen values
First اول	-0.04	-0.22	0.46	0.46	0.45	0.35	0.43	0.66	4.6
Second دوم	0.65	0.57	0.05	0.03	0.14	0.42	-0.23	0.999	2.4

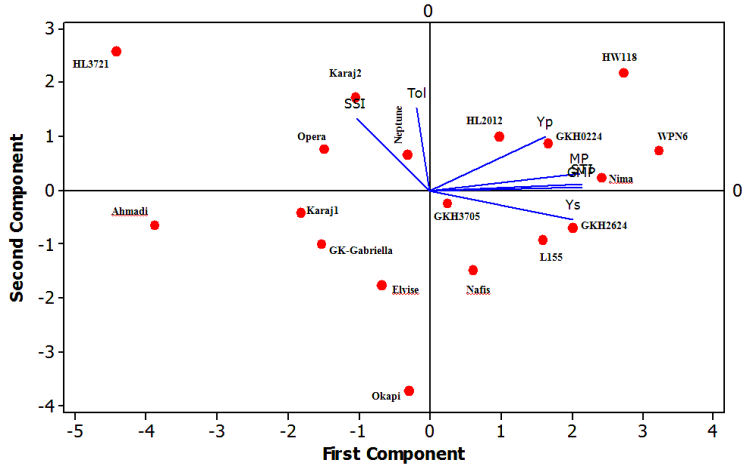
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و همچنین شاخص‌های تحمل خشکی نشان داد که دو مؤلفه اصلی اول بیش از ۹۹/۹ درصد داده‌ها را توجیه کردند. بیشترین ضرایب مؤلفه اول برای شاخص‌های حساسیت به تنش، STI و GMP و بیشترین ضرایب مؤلفه دوم متعلق به شاخص‌های TOL و SSI بود (جدول ۷).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]



شکل ۳- پراکنش ژنوتیپ های کلزا و موقعیت شاخص‌های تحمل خشکی در بای‌پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی

Fig. 3. Distribution of oilseed rape genotypes and the position of drought tolerance indices in the biplot derived from principal components analysis in irrigation withhold from silique development stage treatment



شکل ۴- پراکنش ژنوتیپ های کلزا و موقعیت شاخص‌های تحمل خشکی در بای‌پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در تیمار قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی

Fig. 4. Distribution of oilseed rape genotypes and the position of drought tolerance indices in the biplot derived from principal components analysis in irrigation withhold from flowering stage treatment

انتخاب بر اساس مؤلفه اصلی اول منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های WPn6، HW118، نیما و GKH2624 شد. با توجه به اینکه بیشترین ضرایب مولفه اول در این تیمار متعلق به شاخص‌های STI، GMP و همچنین عملکرد در شرایط تنش بود، بنابراین ژنوتیپ‌های یاد شده عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شناخته شدند. انتخاب بر اساس مؤلفه اصلی دوم منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های Okapi، Elvise و نفیس شد. این ژنوتیپ‌ها دارای کمترین مقادیر SSI و TOL بودند و از حساسیت به تنش کمتری برخوردار بودند. در آزمایش‌های مختلفی از نمودارهای سه‌بعدی و همچنین بای پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شناسایی ارقام

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

زراعی متحمل به تنش خشکی استفاده شده است (Dehghani *et al*., 2009; Rashidifar *et al*., 2012; Hosseini 2016; Majidi *et al*. 2015; Rashidi *et al*., 2017) و نتایج آزمایش حاضر با آنها تطابق دارد. استفاده از نمودار سه‌بعدی به دلیل سادگی، در مقایسه با بای‌پلات بیشتر است، هر چند روش بای‌پلات اطلاعات جامع‌تر و مفیدتری در اختیار قرار می‌دهد (Dehghani *et al*., 2009). نتایج نمودار سه‌بعدی و همچنین بای‌پلات‌های به‌دست‌آمده در دو تیمار تنش خشکی نشان داد که علی‌رغم اینکه میانگین مربعات برهمکنش ژنوتیپ×تنش معنی‌دار نبود، اما برخی از ژنوتیپ‌ها در دو تیمار تنش خشکی رفتار متفاوتی داشته و در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند. بعنوان مثال ژنوتیپ‌های Neptune و Hl2012 در تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی در گروه B قرار گرفتند، در حالی که در تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی در گروه A قرار گرفتند. در آزمایش رشیدی و همکاران (Rashidi *et al*., 2017) نیز که گونه‌های مختلف کلزا در شرایط تنش شدید و ملایم خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند، برخی از گونه‌ها و ارقام کلزا از شرایط تنش ملایم به تنش شدید، عکس‌العمل متفاوتی داشتند. نتایج حاصل از نمودارهای سه‌بعدی و بای‌پلات تطابق نسبتاً خوبی باهم داشتند، ضمن اینکه اطلاعات به‌دست‌آمده از نمودار بای‌پلات بیشتر است.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در تیمار تنش شدید خشکی (قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی) و بر اساس تجزیه بای‌پلات و نمودارهای سه‌بعدی، ژنوتیپ‌های WPn6، HW118، نیما و GKH2624 متحمل به تنش خشکی بودند، زیرا از STI بالایی برخوردار بودند. نکته مهم دیگری که در نتایج مشاهده شد به رفتار دو رقم جدید نیما و نفیس و لاین در دست معرفی HW118 در تیمار آبیاری کامل و تنش خشکی برمی‌گردد. رقم نیما و لاین HW118 ضمن دارا بودن عملکرد پتانسیل مناسب در تیمار آبیاری کامل در هر دو تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی و خورجین‌دهی همواره در گروه A قرار گرفتند و STI بالایی داشتند که نشان‌دهنده تحمل بالای این ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی می‌باشد. رقم نفیس نیز همواره در گروه C قرار گرفت که نسبت به تنش خشکی از حساسیت کمتری برخوردار بود و نتایج آزمایش حاضر تأییدی بر ویژگی‌های مثبت این دو رقم برای معرفی به‌عنوان ارقام جدید و تأکید بر استفاده از این ارقام در مناطق سرد و معتدل سرد کشور می‌باشد. از بین هیبریدهای خارجی که هم اکنون در سطح وسیع در مناطق سرد و معتدل سرد کشور کشت می‌شوند، هیبرید Neptune از عملکرد نسبتا مناسبی در هر دو تیمار آبیاری کامل و تنش خشکی برخوردار بود، در حالی که دیگر هیبرید خارجی (Elvise) از پتانسیل عملکرد پایینی در شرایط آبیاری کامل برخوردار بود و عملکرد آن در شرایط تنش نیز متوسط ارزیابی شد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از کارکنان زحمت‌کش ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آبادغرب که در اجرای پژوهش حاضر نقش موثری داشتند، قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Blum, A. 2012. Drought Resistance, *In:* Blum, A. (Ed.), Plant Breeding for Water-limited Environments. Springer, New York, Dordrecht Heidelberg London.

Chen, S., M. Nelson, K. Ghamkhar, T. Fu and W. Cowling. 2008. Divergent patterns of allelic diversity from

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

similar origins: the case of oilseed rape (*Brassica napus* L.) in China and Australia. Genome, 51: 1-10.

Daneshmand, A. R., A. H. Shirani Rad and M. R. Ardakani. 2006. Evaluation of water deficit stress on tolerance of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. J. Agron. 1 (1): 48-60. (In Persian with English abstract).

Dehghani, Gh., F. Malekshhi and B. Alizadeh. 2009. A study of drought tolerance indices in canola (*Brassica napus* L.) genotypes. J. Sci. Tech. Agric. Natur. Resour. 13(48): 77-90. (In Persian with English abstract).

Delkhosh, B., A. H. Shirani Rad, Z. Bitarafan and G. Mousavi nejad. 2012. Drought stress and sowing date effects on yield and some grain traits of rapeseed cultivars. Adv. in Environ. Biol. 6(1): 49-55.

Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L). Field Crops Res. 67: 35-49

Fahad, SH., A. Bajwa, U. Nazir, SH. A. Anjum, A. Farooq, A. Zohaib, S. Sadia, W. Nasim, S. Adkins, SH. Saud, M. Z. Ihsan, H. Alharby, CH. Wu, D. Wang and J. Huang. 2017. Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options. Front. Plant Sci. 8: 1-16.

FAOSTAT. 2017. Statistical Database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome, Italy.

Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and M. A. Sbasra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev. 29: 185–212.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *In:* Kuo, C. C. (Ed.) Proceedings of International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. Shanhua, Taiwan, 257-270.

Fischer, R. A. and R. Mourer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar. I: grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.

Ghobadi, M., M. Bakhshandeh, G., Fathi, M. H., Gharineh, Kh., Alami-Said, A., Naderi and M. E. Ghobadi. 2006. Short and long periods of water stress during different growth stages of canola (*Brassica napus* L.): effect on yield, yield components, seed oil and protein contents. J. Agron. 5: 336-341.

Hamed, A., G. A. Akbari, N. A. Khosh Kholgh Sima, A. H. Shirani Rad, H. Jabbari and A. Tabatabaee, 2015. Evaluation of the agronomic characteristics and some physiological traits of canola varieties under drought stress. Environ. Stresses Crop Sci. 7(2): 155-171. (In Persian with English abstract).

Honar, T., A. Sabet Sarvestani, SH. Shams, A. R. Sepaskhah and A. A. Kamgar Haghighi. 2013. Effect of drought stress in different growth stages on grain yield and yield components of rapeseed (cv. Talayeh). Iran. J. Crop Sci. 14(4): 320-332. (In Persian with English abstract).

Hosseini, S. Z. 2016. Evaluation of drought tolerance in canola (*Brassica napus* L.) genotypes, using biplot analysis. J. Crop Breed. 8(19): 1192-202. (In Persian with English abstract).

Jabbari, H., G. A. Akbari, N. A. Khosh Kholgh Sima A. H. Shirani Rad, I. Alahdadi, I. and F. Tajodini. 2015. Study of agronomical, physiological and qualitative characteristics of canola (*Brassica napus*) under water stress. Environ. Stresses Crop Sci .8(1): 35-49. (In Persian with English abstract).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]

[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

Karimzadeh, R. and M. Mohammadi. 2011. Association of canopy temperature depression with yield of durum wheat genotypes under supplementary irrigated and rainfed conditions. Aust. J. Crop Sci. 5: 138-146.

Majidi, M. M., M. Jafarzadeh Ghahdrijani, F. Rashidi and A. Mirlohi. 2015. Identification of canola cultivars with drought tolerance indices. Iran. J. Field Crop Sci. 45(4): 565-573. (In Persian with English abstract).

Monajem, S., V. Mohammadi and A. Ahmadi. 2012. Evaluation of drought tolerance in some rapeseed Cultivars based on stress evaluation indices. J. Crop Prod. 4 (1): 151-169. (In Persian with English abstract).

Naderi, A., I. Majidi-Hervan, A. Hashemi Dezfouli, A. Rezaei and Gh. Nourmohammadi. 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of new index. Seed Plant J. 15(4): 390-402. (In Persian with English abstract).

Pantuwan, G., S. Fukia, M. Cooper, S. Rajatasereekul and J. C. OToole. 2002. Yield response of rice (*Oryza Sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowlands. 2. Selection of drought resistance genotypes. Field Crops Res. 73: 169-180.

Rashidi, F., M. M. Majidib and M. Pirboveiryc. **2017.** Response of different species of Brassica to water deficit. Int. J. Plant Prod. 11 (1): 1-16.

Rashidifar, J., H. Dehghani and B. Alizadeh. 2012. Evaluation of drought tolerance in some of winter canola cultivars. Iran. J. Field Crops Res. 20 (2): 456-467. (In Persian with English abstract).

Richard, R. A. 1978. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica compestris* and *B. napus*) in response to drought stress. Aust. J. Agric. Res. 29: 491-501.

Richard, R. A. and N. Thrling. 1978. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica compestris* and *B. napus*) in response to drought stress. II. Growth and development under natural drought stress. Aust. J. Agric. Res. 29: 479-490.

Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-946.

Shampolivier, L. and A. Merrien. 1996. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* l. Var Olieifera on yield, yield components and seed quality. Europ. J. Agron. 5: 153-160.

Shirani Rad, A. H. and M. Zandi. 2012. The effect of drought stress on qualitative and quantitative traits of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Agriculture. 99 (1): 47–54.

Sinaki, J. M., I. Majidi Heravan, A. H. Shirani Rad, G. Noormohamadi and G. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*B. napus* L). American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 2(4): 417-422.

Tesfamariam, E. H., J. G. Annandale and J. M. Steyn. 2010. Water stress effects on winter canola growth and yield. Agron. J. 102 (2): 658- 666.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]

[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]

Evaluation of growth and seed yield of new winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) genotypes under terminal drought stress conditions

Rezaizad, A.[1], A. Zareei Siahbidi[2] and A. H. Shirani Rad[3]

ABSTRACT

Rezaizad, A., A. Zareei Siahbidi and A. H. Shirani Rad. 2020. Evaluation of growth and seed yield of new winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) genotypes under terminal drought stress conditions**. Iranian Journal of Crop Sciences. 21(4): 328-343. (In Persian).**

Breeding and production of drought tolerant cultivars for arid and semi-arid area is very important. The present experiment was carried out to evaluate the effects of drought stress on seed yield and yield components of oilseed rape as well as identification of high yielding and drought stress tolerant genotypes. Eighteen new winter oilseed rape lines and commercial cultivars were evaluated under three moisture conditions in two cropping seasons (2014-2016) in agricultural research station of Islamabad-e-Gharb, Kermanshah, Iran. The three moisture conditions included: full irrigation, irrigation withhold from the flowering and from silique development stages. Results showed that among the yield components, numbers of seeds per silique and 1000-seed weight were significantly affected by drought stress. The reduction in 1000-seed weight under irrigation cut off from silique development stage and flowering stage was 12.8% and 24.4%, respectively. Cumulative reduction in yield components under drought stress conditions caused a significant decrease in grain yield by 32.3% and 41.3%, under irrigation cut off from silique development and flowering stage, respectively. Correlation analysis showed that there was a weak relationship between yield in full irrigation and drought stress conditions, therefore, using drought tolerance indices to screen genotypes with high yield potential and drought stress tolerant is essential. Three dimensional diagrams based on seed yield in full irrigation condition, irrigation cut off condition from silique development stage and STI showed that genotypes GKH2624, GKH3705, Nima, Neptune, GKH0224 and HW118 were located in group A, while under irrigation cut off condition from flowering stage genotypes GKH2624, GKH3705, Nima, Neptune, GKH0224, HW118, Wpn6 and L155 were classified in group A. In general, according to biplot derived from principal components analysis and 3-D graphs, under severe drought stress (irrigation cut off from flowering stage), genotypes WPn6, HW118, Nima and GKH2624 were identified as drought tolerant genotypes with high yield potential.

Key words: Biplot, Drought stress, Seed yield, Oilseed rape and Principle components analysis.

Received: January, 2019 Accepted: June, 2019

1. Associate Prof., Field and Horticulture Crops Sciences Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran (Corresponding author) (Email: arezaizad@yahoo.com)
2. Assistant Prof., Field and Horticulture Crops Sciences Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran
3- Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1398.21.4.3.9]
[DOI: 10.29252/abj.21.4.328]