



دانشگاه گمرکی و منابع طبیعی گنجا

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیستم، شماره چهارم، ۱۳۹۲
<http://jopp.gau.ac.ir>

بررسی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارقام کلزا تحت تأثیر تنش خشکی

* بهمن پاسبان‌اسلام

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۷

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی کارایی شاخص‌های فیزیولوژیک برای شناسایی اثر کمبود آب و بررسی اثر خشکی بر عملکرد دانه و اجزای آن روی کلزا در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها مورد مطالعه شامل آبیاری در ۳ سطح: بدون تنش (آبیاری به‌هنگام تخلیه ۳۰-۳۵ درصد آب قابل استفاده خاک)، تنش کمبود آب در مرحله روزت و مرحله پرشدن دانه (آبیاری به‌هنگام تخلیه ۷۰-۷۵ درصد آب قابل استفاده خاک) و عامل ژنوتیپ شامل ۶ ژنوتیپ پاییزه کرج ۱، کرج ۳، اپرا، اکاپی، لیکورد و مودنا بودند. نتایج به‌دست آمده نشان دادند کمبود آب در مرحله روزت باعث افزایش معنی‌دار دمای برگ و کاهش معنی‌دار محتوای آب نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای می‌شود، ولی اثر معنی‌داری روی عملکرد دانه، روغن و اجزای عملکرد نداشت. تنش خشکی در طول دوره پرشدن دانه‌ها باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ، هدایت روزنه‌ای و افزایش دمای برگ گردید. همچنین تنش کم‌آبی در طی دوره پر شدن دانه کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، اجزای عملکرد دانه به‌جز تعداد دانه در خورجین و کاهش عملکرد دانه و روغن را به‌دنبال داشت. بین عملکرد دانه با تعداد خورجین در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد کاهش عملکرد دانه به‌طور عمده از طریق افت تعداد خورجین در بوته باشد. با توجه به‌وجود همبستگی‌های معنی‌دار بین عملکرد دانه با شاخص‌های هدایت روزنه، محتوای آب نسبی برگ و دمای

* مسئول مکاتبه: b_pasbaneslam@yahoo.com

برگ، این شاخص‌ها برای شناسایی اثرات خشکی در کلزا، قابل استفاده دیده شدند. نتایج نشان داد ارقام اکاپی و لیکورد به ترتیب با کسب ۶۷۰ و ۵۱۸ کیلوگرم دانه و ۱۸۶۱ و ۱۷۵۸ کیلوگرم روغن در هکتار از عملکرد به مراتب بالاتری در اقلیم سرد دشت تبریز برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: شاخص فیزیولوژیک، عملکرد دانه و روغن، کمبود آب، کلزا

مقدمه

تنش خشکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو در تولید گیاهان می‌باشد. بنابراین ثبات عملکرد در شرایط خشکی از اهداف اصلی علم اصلاح نباتات است (کلارک و تاونکی اسمیت، ۱۹۹۸). کمبود آب در کلزا از طریق کاهش پتانسیل آب برگ باعث افت تورم سلولی، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز شده و در نهایت رشد و تولید محصول دچار آسیب می‌گردد (کومار و سینک، ۱۹۹۸). ارزیابی رشد و عملکرد کلزا، گندم، جو و نخود در خاک شور همراه با اثرات تنش ثانویه اسمزی (خشکی) نشان داده است که کلزا و جو از کارایی عملکرد بالاتری برخوردار بودند (گراول، ۲۰۱۰). زمان بروز تنش خشکی و شدت آن بر بسیاری از صفات زراعی کلزا هم‌چون تعداد دانه در خورجین، وزن دانه‌ها، تعداد و طول خورجین‌ها مؤثر بوده و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (شیخ و همکاران، ۲۰۰۶). به‌طور معمول در شرایط خشکی آخر فصل ارقامی از کلزا که عملکرد دانه بالاتری داشتند، دارای ساقه بلندتری هم بودند (میری و همکاران، ۲۰۰۸). کلزاهای با ارتفاع بوته بیش‌تر با داشتن برگ بیش‌تر در طول ساقه و در نتیجه سطح فتوسنتزکننده بالاتر عملکرد بیش‌تری نشان دادند (شیخ و همکاران، ۲۰۰۶). در کلزا کاهش مقدار آب در مرحله گل‌دهی موجب کاهش تعداد خورجین‌ها در بوته می‌گردد ولی تنش پس از مرحله گل‌دهی، کاهش معنی‌دار تعداد دانه در خورجین را سبب می‌شود. آبیاری تکمیلی در کلزا با طولانی‌تر کردن دوره گل‌دهی، تعداد خورجین‌های بوته و تعداد دانه در خورجین را افزایش می‌دهد (قلی‌پور و همکاران، ۲۰۰۵). هنگامی که گیاهان کلزا در مرحله رشد خورجین‌ها با تنش خشکی مواجه می‌گردند، انتقال مواد غذایی به دانه تقلیل یافته و عملکرد کاهش می‌یابد (پاسبان‌اسلام و همکاران، ۲۰۰۰). کمبود آب در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و پر شدن دانه کلزا، شاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری کاهش داد در حالی که تأمین آب کافی به‌ویژه در مراحل گل‌دهی و توسعه خورجین‌ها، باعث افزایش تعداد دانه در خورجین گردید (جنسن و همکاران، ۱۹۹۶). نشان

داده شده که در شرایط تنش کم آبی اعمال شده در مرحله ساقه دهی در میان اجزای عملکرد دانه، سهم تأثیرپذیری تعداد دانه در خورجین بیش تر از دیگر اجزای عملکرد است (دانشمند و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج به دست آمده از یک مطالعه روی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا نشان داد که تنش خشکی آخر فصل از بین اجزای عملکرد دانه با کاهش تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه را کاهش داد (پاسبان اسلام، ۲۰۰۹). نتایج به دست آمده از ارزیابی ژنوتیپ‌های متعلق به گونه‌های *B. juncea* L. و *B. napus* L. در شرایط گرم و خشک نشان داد که رابطه بین عملکرد دانه با تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته و با وزن هزار دانه مثبت و معنی دار بود (گوناسکرا و همکاران، ۲۰۰۶). به نظر نمی‌رسد خشکی تأثیر عمده‌ای بر کیفیت دانه داشته باشد ولی تنش در مرحله گل‌دهی مقدار روغن را کاهش می‌دهد (مندهام و سالیسبری، ۱۹۹۵). تنش خشکی در اواخر فصل رشد، موجب کاهش درصد روغن دانه‌ها در کلزا شده است (سیناکی و همکاران، ۲۰۰۷).

بالا بودن محتوای نسبی آب برگ (RWC) یکی از ویژگی‌های مؤثر در تداوم رشد کلزا تحت شرایط کمبود آب می‌باشد. مقدار بالاتر آن می‌تواند عامل استمرار رشد در شرایط خشکی باشد (کومار و سینک، ۱۹۹۸). چنانچه محتوای نسبی آب برگ بالا باشد، گیاه تورم سلولی خود را حفظ کرده و رشد آن تداوم می‌یابد (رائو و مندهام، ۱۹۹۱). با توجه به وجود همبستگی بالا بین جذب آب و محتوای نسبی آب برگ در کلزا، در طی تنش خشکی، با کاهش جذب آب، محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد (پاسبان اسلام، ۲۰۰۹). امروزه اندازه‌گیری دمای برگ و تاج پوشش برگ به‌عنوان روشی متداول برای ارزیابی شدت تنش خشکی در گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (جانسون و رامباک، ۱۹۹۵). دمای تاج پوشش برگ اندازه‌گیری شده طی چند روز اول خشکی می‌تواند به‌عنوان شاخص‌گزینه برای تحمل به خشکی در گونه‌های روغنی جنس *براسیکا* باشد (کومار و سینک، ۱۹۹۸). دمای تاج پوشش برگ با تنش کم آبی مطابقت دارد. به طوری که به‌دنبال کاهش آب قابل استفاده خاک، پتانسیل آب گیاه و در نهایت تعرق آن کاهش می‌یابد و بر مبنای انرژی در سطح برگ، تنزل تعرق منجر به افزایش دمای تاج پوشش برگ می‌شود (کارکوا و همکاران، ۱۹۹۸). پاسبان اسلام (۲۰۰۹) نشان داد که دمای تاج پوشش برگ شاخص مناسبی برای آرایه اثر تنش خشکی آخر فصل در کلزا است. همبستگی‌های معنی‌داری بین تنظیم اسمزی با هدایت روزنه‌ای و دمای تاج پوشش برگ در ارقام کلزا گزارش شده است (کومار و سینک، ۱۹۹۸). نتایج به دست آمده از بررسی دو رقم کلزای

بهاره در منطقه گنبد نشان داد در شرایط محدودیت آب طی مرحله زایشی، بین دمای هوا و عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (فرجی و همکاران، ۲۰۰۹). این آزمایش با هدف ارزیابی کارایی شاخص‌های فیزیولوژیک برای شناسایی اثرات کمبود آب و بررسی اثرات خشکی بر عملکرد دانه و اجزای آن در کلزا انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی (ایستگاه خسروشاه) با مشخصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی، ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به اجرا درآمد. در این پژوهش از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار استفاده شد. عوامل مورد آزمون شامل آبیاری در ۳ سطح بدون تنش، تنش کمبود آب در مرحله ریزش و مرحله پر شدن دانه (زمانی که ۸۰ درصد گل‌های گل‌آذین اصلی شکفته باشند) و ژنوتیپ در ۶ سطح عبارت از ژنوتیپ‌های پاییزه کرج ۱ (Karaj 1)، کرج ۳ (Karaj 3)، اپرا (Opera)، اکاپی (Okapi)، لیکورد (Licord) و مودنا (Modena) بودند. دو ژنوتیپ کرج ۱ و ۳ حاصل کارهای اصلاحی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج بوده و در مطالعات قبلی سازگاری و پرمحصولی خود را در منطقه نشان داده‌اند (جاویدفر، ۲۰۰۶؛ پاسبان‌اسلام، ۲۰۰۸) هر کرت از ۶ ردیف با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و به طول ۵ متر تشکیل شده بود و فاصله بوته‌ها روی ردیف در ۷ سانتی‌متر تنظیم شدند. کاشت در ۲۱ شهریورماه به صورت خشکه‌کاری انجام گرفت. کوددهی مزرعه با استفاده از کودهای اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و در ۳ مرحله قبل کاشت، شروع رشد بهاره و غنچه‌دهی)، سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل (هر کدام به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت) بر مبنای نتیجه آزمون خاک صورت گرفت. در اواسط مرحله گل‌دهی با استفاده از سم پیریمیکارب (Pirimicarb) به نسبت یک در هزار بر علیه آفت شته مبارزه شد.

برای اعمال تیمار آبیاری، خاک مزرعه مورد آزمایش که دارای بافت لوم شنی بود، در افق توزیع ریشه‌های گیاه (تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متر) با حفر پروفیل مورد بررسی قرار گرفت. مشخصات خاک مزرعه در جدول ۱ آمده است. با نمونه‌برداری‌های مداوم و اندازه‌گیری رطوبت خاک به صورت وزنی، آبیاری تیمارهای تنش به هنگام تخلیه ۷۵-۷۰ درصد آب قابل استفاده خاک و آبیاری تیمار نبود تنش به هنگام تخلیه حدود ۳۵-۳۰ درصد آب قابل استفاده خاک صورت گرفته است. در طول دوره اعمال

تنش بارندگی مؤثر (بیش از ۵ میلی‌متر) رخ نداد (جدول ۲) ولی برای مهار بارندگی‌های احتمالی پوشش نایلونی روی کرت‌های تحت تنش پیش‌بینی شده بود که مورد استفاده قرار نگرفت. برای جلوگیری از نشست آب بین کرت‌های آبیاری و تنش، بین کرت‌ها ۲ متر و بین بلوک‌ها ۳ متر فاصله منظور شده بود.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی.

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	آب ظرفیت مزرعه‌ای (درصد وزنی)	آب نقطه پژمردگی دائم (درصد وزنی)	آب قابل استفاده (درصد وزنی)
۰-۳۰	۲۷/۳	۱۳/۷	۱۳/۶
۳۰-۵۰	۲۱/۳	۱۰/۶	۱۰/۷
۵۰-۱۰۰	۱۴/۸	۷/۴	۷/۴

جدول ۲- میانگین حداکثر، حداکثر و کل دمای هوا و مجموع بارندگی ایستگاه تحقیقات کشاورزی خسروشاه.

سال	ماه‌های سال	میانگین دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	میانگین دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	میانگین کل دما (درجه سانتی‌گراد)	مجموع بارندگی (میلی‌متر)
۱۳۸۹	شهریور	۱۶/۳	۳۱/۱	۲۳/۷	۰
	مهر	۹/۸	۲۶/۴	۱۸/۱	۲/۴
	آبان	۳/۵	۱۷/۷	۱۰/۶	۷/۵
	آذر	۰/۴	۱۳/۲	۶/۸	۰
	دی	-۴/۶	۵/۵	-۰/۶	۹/۴
۱۳۹۰	بهمن	-۵/۱	۵/۵	۰/۱۸	۱۷/۴
	اسفند	-۱/۱	۱۰/۲	۴/۶	۳۹/۳
	فروردین	۵/۲	۱۳/۸	۱۱/۸	۳۴/۲
	اردیبهشت	۱۶/۱	۲۱/۲	۱۸/۷	۱۲۹/۴
	خرداد	۲۱	۲۸/۷	۱۳/۲	۵

از شهریور ۱۳۸۹ تا تیرماه ۱۳۹۰.

محتوای آب نسبی برگ (RWC)، دمای برگ و هدایت روزنه‌ای در طول دوره اعمال تنش اندازه‌گیری گردید. به این منظور قبل از رفع تنش از هر کرت نمونه‌برداری از برگ‌های بالغ در ارتفاع یک سوم از راس بوته‌ها در بین ساعات ۱۴-۱۲ صورت گرفت (رائو و مندهام، ۱۹۹۱؛ پاسبان‌اسلام، ۲۰۰۴).

برای تعیین RWC از هر نمونه برگ برداشت شده ۳ دیسک به قطر ۲۰ میلی‌متر جدا گردیده و بلافاصله وزن شدند (وزن تر)، سپس نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در آب مقطر ۲ بار تقطیر با دمای حدود ۵ درجه سانتی‌گراد و نور اندک غوطه‌ور شده و پس از گرفتن آب روی آن‌ها با کاغذ صافی، وزن شدند (وزن تورم کامل) سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت مقدار آب نسبی برگ از رابطه: وزن خشک - وزن تورم کامل / وزن خشک - وزن تر = RWC محاسبه گردید.

دمای برگ با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل T₂-۸۲۵ ساخت کارخانه تستو (Testo) ایتالیا اندازه‌گیری گردید (سینک و همکاران، ۱۹۸۵). هدایت روزنه‌ای گیاهان نیز هم‌زمان با اندازه‌گیری دما و مقدار آب نسبی برگ با استفاده از دستگاه پورومتر پخشی مدل AP4 ساخت شرکت دلنا تی کشور انگلستان (Delta-T Devices, UK)، اندازه‌گیری شدند. برای تعیین ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، در هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. سایر اجزای عملکرد نیز روی همین بوته‌ها تعیین شدند. در نهایت به هنگام رسیدن محصول پس از حذف دو ردیف کناری و ۰/۵ متر از دو انتهای هر کرت به‌عنوان حاشیه، تمامی کرت‌ها برداشت و عملکرد دانه تعیین گردید. برداشت محصول در ۳۰ خردادماه صورت گرفت. درصد روغن دانه‌ها با استفاده از دستگاه ان.ام.آر مدل H20-18-25A ساخت کارخانه بروکر کشور کانادا در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تعیین شد. در نهایت داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش کمبود آب بر دمای برگ، مقدار آب نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای برگ اندازه‌گیری شده در مراحل روزت پاییزه و دوره پرشدن دانه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۳). کمبود آب در مرحله روزت و پر شدن دانه افزایش معنی‌دار دمای برگ، کاهش معنی‌دار مقدار آب نسبی برگ و هدایت روزنه در هر یک از این مراحل را به‌دنبال داشت (جدول ۴). گزارش گردیده که به‌دنبال بروز خشکی و کاهش توان جذب آب، محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد

(پاسبان اسلام و همکاران، ۲۰۰۰). دمای تاج پوشش برگ اندازه‌گیری شده در چند روز اول تنش کمبود آب، می‌تواند به‌عنوان شاخص مناسب‌گزینش برای تحمل به خشکی در گونه‌های روغنی جنس کلمیان به‌کار رود (کومار و سینک، ۱۹۹۸). با کاهش آب قابل استفاده خاک، پتانسیل آب گیاه و در نهایت تعرق آن کاهش یافته که براساس بیلان انرژی در سطح برگ، با کاهش تعرق دمای تاج پوشش برگ افزایش می‌یابد (کارکوا و همکاران، ۱۹۹۸). دمای تاج پوشش برگ شاخص مناسبی برای نشان دادن اثرات خشکی در کلزا است (پاسبان اسلام، ۲۰۰۹). نتایج به‌دست آمده از مطالعه اثرات کمبود آب روی ژنوتیپ‌های کلزا نشان داده است که بین تنظیم اسمزی با هدایت روزنه‌ای و دمای تاج پوشش برگ همبستگی معنی‌داری وجود دارد (کومار و سینک، ۱۹۹۸). بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش از نظر محتوای آب نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای در مرحله پر شدن دانه اختلاف معنی‌داری دیده شد (جدول ۳). کم‌ترین مقدار این صفات به ژنوتیپ مودنا تعلق داشت. این ژنوتیپ کم‌ترین میزان عملکرد دانه و روغن را نیز نشان داد. دو ژنوتیپ اکاپی و لیکورد با نشان دادن مقادیر بالاتر محتوای آب نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای در مرحله پر شدن دانه، عملکرد دانه و روغن بیش‌تری نیز کسب کردند (جدول ۵). بین محتوای آب نسبی برگ و هدایت روزنه با دمای برگ همبستگی منفی و معنی‌دار و بین مقدار آب نسبی برگ و هدایت روزنه همبستگی مثبت و معنی‌دار در مرحله روزت پاییزه دیده شد. ولی در این مرحله بین هیچ‌یک از صفات نام برده با عملکرد دانه و روغن، همبستگی معنی‌داری به‌دست نیامد (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد اثرات تنش کمبود آب در مرحله روزت، در مراحل بعدی رشد به‌ویژه رشد بهاره پس از طی فصل سرما و یخ‌بندان جبران شده و اثر چندانی بر عملکرد دانه و روغن نداشته باشد، ولی همبستگی معنی‌داری بین این شاخص‌ها با عملکرد دانه و روغن در مرحله پر شدن دانه دیده شد. به‌طوری‌که بین دمای برگ با محتوای آب نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای همبستگی منفی و معنی‌دار و بین محتوای آب نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای همبستگی مثبت و معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۶). در تیمار تنش طی مرحله پر شدن دانه بین دمای برگ با ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن همبستگی منفی و معنی‌دار مشاهده شد اما بین محتوای آب نسبی برگ و هدایت روزنه‌ای با ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری بود (جدول ۶). نتایج مطالعه روی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا در منطقه گنبد نشان داد که بین دمای هوا و عملکرد دانه در شرایط

کمبود آب طی مرحله زایشی همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت (فرجی و همکاران، ۲۰۰۹). کمبود آب در کلزا همراه با کاهش پتانسیل آب برگ باعث افت تورم سلولی، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز گردیده و در نهایت به رشد و تولید محصول صدمه می‌زند (کومار و سینک، ۱۹۹۸).

تنش کمبود آب روی ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۳) و باعث کاهش میانگین این صفات گردید (جدول ۴). گزارش شده است کاهش مقدار آب در مرحله گل‌دهی کلزا موجب کاهش تعداد خورجین‌ها در بوته می‌گردد ولی تأخیر در بروز تنش سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در خورجین می‌شود. هم‌چنین آبیاری تکمیلی در کلزا با طولانی‌تر کردن دوره گل‌دهی، تعداد خورجین‌های بوته و تعداد دانه در خورجین را افزایش می‌دهد (قلی‌پور و همکاران، ۲۰۰۵). اثر تنش کمبود آب در مرحله روزت پاییزه بر عملکرد دانه، روغن و اجزای آن غیرمعنی‌دار بود (جدول ۴). زمان بروز تنش خشکی و شدت آن روی تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه، تعداد و طول خورجین‌ها در کلزا اثر گذاشته و موجب کاهش عملکرد نهایی دانه می‌گردد (شیخ و همکاران، ۲۰۰۶). براساس نتایج این آزمایش اثر تنش خشکی در طول دوره پر شدن دانه در قیاس با مرحله روزت، بحرانی به‌نظر می‌رسد. در این آزمایش تعداد خورجین در بوته به‌طور معنی‌داری با عملکرد دانه و روغن همبستگی نشان داد (جدول ۶). در آزمایش گوناسکرا و همکاران (۲۰۰۶) نیز به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در بوته اشاره شده که با نتایج به‌دست آمده از این ارزیابی مطابقت داشت. با توجه به مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده عملکرد روغن، همبستگی معنی‌داری بین درصد روغن دانه و عملکرد دانه با عملکرد روغن دیده شد (جدول ۶). چنین استنباط می‌گردد که از بین اجزای عملکرد دانه، نقش تعداد خورجین در بوته به‌ویژه در شرایط خشکی آخر فصل، برجسته‌تر باشد.

از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اکاپی و لیکورد بیش‌ترین عملکرد دانه و روغن را به خود اختصاص دادند. این ژنوتیپ‌ها تعداد خورجین در بوته بالاتری نیز داشتند (جدول ۵). بیش‌ترین وزن هزاردانه به اپرا تعلق داشت و سایر ژنوتیپ‌ها از وزن هزاردانه مشابهی برخوردار بودند (جدول ۵). با توجه به غیرمعنی‌دار بودن اثر متقابل صفات مورد مطالعه بین دو عامل تنش خشکی و ژنوتیپ، بازتاب ژنوتیپ‌ها در شرایط عادی و تنش مشابه بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های پایزه کلزا.

میانگین مربعات							منابع تغییر
هدایت روزنه (مرحله پرشدن دانه)	هدایت روزنه (مرحله روزت)	مقدار آب نسبی برگ (مرحله پرشدن دانه)	مقدار آب نسبی برگ (مرحله روزت)	دمای برگ (مرحله پرشدن دانه)	دمای برگ (مرحله روزت)	درجه آزادی	
۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۹۷	۳/۲۵۱	۲	تکرار
۰/۵۳۹**	۰/۴۸۹**	۰/۰۶۳**	۰/۰۷۵**	۱۰۲/۰۹۷**	۱۴۰/۴۶۱**	۲	تنش
۰/۰۰۷**	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۲ ^{n.s}	۰/۹۳۱ ^{n.s}	۲/۰۴۹ ^{n.s}	۵	ژنوتیپ
۰/۰۰۰۴ ^{n.s}	۰/۰۰۱ ^{n.s}	۰/۰۰۰۷ ^{n.s}	۰/۰۰۱ ^{n.s}	۰/۳۸۶ ^{n.s}	۱/۳۶۴ ^{n.s}	۱۰	تنش × ژنوتیپ
۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۶۵۶	۱/۳۰۴	۳۴	اشتباه آزمایش
۱/۸۱	۵/۵۴	۳/۱۹	۳/۷۰	۲/۹۱	۶/۹۰		ضریب تغییرات (درصد)

* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد. n.s. غیر معنی دار

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های پایزه کلزا.

میانگین مربعات							منابع تغییر	
عملکرد روغن	درصد روغن دانه	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	تعداد دانه در خورجین	تعداد خورجین در بوته	ارتفاع بوته		
۹۹۱۷۰۰/۸۴۸	۳/۲۷۶	۷۰۷۸۴۰۹/۴۶۳	۰/۰۰۵	۲/۹۰۷	۱۱۸۲/۸۹	۳۱۹/۹۰۷	۲	تکرار
۷۹۰۵۸۲/۵۰۸**	۱۶/۲۸۳*	۴۰۱۳۶۱۳/۰۱۹**	۰/۳۹۴**	۲/۵۷۴ ^{n.s}	۳۰۳۷۰۰۰**	۵۰۸۷۹۶**	۲	تنش
۳۳۰۰۶۲/۱۲۳**	۲۰/۹۷۹ ^{n.s}	۱۶۷۴۶۹۱/۴۰۷**	۰/۸۸۵**	۶/۳۸۵ ^{n.s}	۶۰۸۷۵۶**	۱۵۴/۹۰۷**	۵	ژنوتیپ
۲۳۵۷۸/۱۳۶ ^{n.s}	۴/۱۶۹ ^{n.s}	۱۴۲۳۵۰/۴۴۱ ^{n.s}	۰/۰۲۱ ^{n.s}	۳/۱۹۶ ^{n.s}	۳۳۱/۸۲۲ ^{n.s}	۶۱/۰۱۹ ^{n.s}	۱۰	تنش × ژنوتیپ
۶۶۳۷۹/۲۴۱	۷۲/۶۲۲	۳۳۶۴۵۰/۱۸۸	۰/۰۷۱	۴/۴۳۷	۱۶۱/۷۵۲	۳۷/۰۶۴	۳۴	اشتباه آزمایش
۱۶/۳۰	۳/۷۷		۸/۱۰	۷/۲۸	۱۱/۵۰	۵/۰۵		ضریب تغییرات (درصد)

* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد. n.s. غیر معنی دار

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۰)، شماره (۴) ۱۳۹۲

جدول ۴- میانگین صفات فیزیولوژیک مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا در سطوح مختلف تنش خشکی.

آبیاری	دمای برگ در مرحله روزت	دمای برگ در مرحله پرشدن دانه	مقدار آب نسبی برگ در مرحله روزت	مقدار آب نسبی برگ در مرحله پرشدن دانه	هدایت روزنه در مرحله روزت	هدایت روزنه در مرحله پرشدن دانه
	(درجه سانتی‌گراد)	(درجه سانتی‌گراد)	روزت	پرشدن دانه	(سانتی‌متر بر ثانیه)	(سانتی‌متر بر ثانیه)
بدون تنش	۱۴/۸ ^b	۲۶/۴ ^b	۰/۸۰ ^a	۰/۸۷ ^a	۰/۵۷ ^a	۰/۵۷ ^a
تنش در مرحله روزت	۱۹/۸ ^a	۲۶/۴ ^b	۰/۶۸ ^b	۰/۸۷ ^a	۰/۲۸ ^b	۰/۵۸ ^a
تنش در مرحله پرشدن دانه	۱۵/۱ ^b	۳۰/۶ ^a	۰/۷۹ ^a	۰/۶۷ ^b	۰/۵۶ ^a	۰/۲۸ ^b

بین سطوح تنش اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد برای صفات نمایش داده شده در جدول وجود دارد.

ادامه جدول ۴- میانگین صفات فیزیولوژیک مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا در سطوح مختلف تنش خشکی.

آبیاری	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد خورجین در بوته	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن دانه	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
بدون تنش	۱۲۵ ^a	۱۲۱/۶ ^a	۳/۳ ^{ab}	۴۳۸۳ ^a	۳۹/۴ ^a	۱۷۲۸ ^a
تنش در مرحله روزت	۱۲۲ ^a	۱۱۳/۹ ^a	۳/۴ ^a	۴۲۹۵ ^a	۳۸/۹ ^{ab}	۱۶۷۳ ^a
تنش در مرحله پرشدن دانه	۱۱۵ ^b	۹۶/۲ ^b	۳/۱ ^b	۳۵۲۴ ^b	۳۸/۰ ^b	۱۳۴۱ ^b

بین سطوح تنش اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد برای درصد روغن دانه و ۱ درصد برای سایر صفات نمایش داده شده در جدول وجود دارد.

جدول ۵- میانگین صفات مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌های کلزا.

ژنوتیپ	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	برگ در مرحله پرشدن دانه	مقدار آب نسبی برگ در مرحله پرشدن دانه	هدایت روزنه در مرحله پرشدن دانه	تعداد خورجین در بوته	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
کرج ۱	۱۱۷ ^b	۰/۷۵ ^{ab}	۰/۴۷ ^{bc}	۱۱۳/۰ ^a	۳/۱ ^b	۳۸۱۶ ^{abc}	۱۴۸۳ ^{bc}	
کرج ۳	۱۲۱ ^{ab}	۰/۷۴ ^{ab}	۰/۴۸ ^{bc}	۹۴/۴ ^b	۳/۴ ^b	۳۹۶۵ ^{abc}	۱۵۶۰ ^{abc}	
اپرا	۱۱۷ ^b	۰/۷۲ ^{bc}	۰/۴۶ ^{cd}	۱۱۱/۸ ^a	۳/۹ ^a	۳۷۸۹ ^{bc}	۱۴۶۸ ^{bc}	
اکاپی	۱۲۱ ^{ab}	۰/۷۷ ^a	۰/۵۱ ^a	۱۱۶/۹ ^a	۳/۱ ^b	۴۶۷۰ ^a	۱۸۶۱ ^a	
لیکورد	۱۲۸ ^a	۰/۷۶ ^a	۰/۴۹ ^{ab}	۱۱۱/۲ ^a	۳/۱ ^b	۴۵۱۸ ^{ab}	۱۷۵۸ ^{ab}	
مودنا	۱۱۸ ^b	۰/۶۹ ^c	۰/۴۲ ^d	۱۱۶/۱ ^a	۳/۱ ^b	۳۵۷۴ ^c	۱۳۵۵ ^c	

بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد برای صفات نمایش داده شده در جدول وجود دارد.

جدول ۶- همبستگی ساده بین ویژگی های فیزیولوژیک و عملکرد و اجزای آن در ژنوتیپ های کلزا در خسرو شاه تبریز طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹.

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
دمای برگ روزت (۱)													
دمای برگ پرشدن دانه (۲)	-۰/۴۳ ^{n.s}												
مقدار آب نسبی برگ روزت (۳)	-۰/۹۲ ^{**}	۰/۴۲ ^{n.s}											
مقدار آب نسبی برگ پرشدن دانه (۴)	۰/۴۰ ^{n.s}	-۰/۸۵ ^{**}	-۰/۳۶ ^{n.s}										
هدایت روزنه روزت (۵)	-۰/۹۵ ^{**}	۰/۴۱ ^{n.s}	۰/۹۳ ^{**}	-۰/۳۸ ^{n.s}									
هدایت روزنه پرشدن دانه (۶)	۰/۴۶ ^{n.s}	-۰/۹۷ ^{**}	-۰/۴۱ ^{n.s}	۰/۹۳ ^{**}	-۰/۴۰ ^{n.s}								
ارتفاع بوته (۷)	۰/۱۴ ^{n.s}	-۰/۵۵ [*]	-۰/۱۰ ^{n.s}	۰/۶۶ ^{**}	-۰/۱۴ ^{n.s}	۰/۶۷ ^{**}							
تعداد خورجین در بوته (۸)	۰/۱۰ ^{n.s}	-۰/۶۹ ^{**}	-۰/۱۳ ^{n.s}	۰/۵۶ [*]	-۰/۱۵ ^{n.s}	۰/۶۴ ^{**}	۰/۴۱ ^{n.s}						
تعداد دانه در خورجین (۹)	۰/۲۲ ^{n.s}	-۰/۳۳ [*]	-۰/۰۶ ^{n.s}	۰/۳۰ ^{n.s}	-۰/۲۰ ^{n.s}	۰/۳۰ ^{n.s}	۰/۰۴ ^{n.s}	۰/۴۴ ^{n.s}					
وزن هزار دانه (۱۰)	۰/۱۵ ^{n.s}	-۰/۳۲ [*]	-۰/۳۳ ^{n.s}	۰/۱۹ [*]	-۰/۲۵ ^{n.s}	۰/۳۲ ^{n.s}	۰/۱۰ ^{n.s}	۰/۱۶ ^{n.s}	-۰/۳۵ ^{n.s}	۰/۱۶ ^{n.s}			
عملکرد دانه (۱۱)	۰/۲۹ ^{n.s}	-۰/۷۰ ^{**}	-۰/۱۱ ^{n.s}	۰/۷۷ ^{**}	-۰/۲۵ ^{n.s}	۰/۷۷ ^{**}	۰/۷۳ ^{**}	۰/۵۵ [*]	-۰/۲۷ ^{n.s}	۰/۱۰ ^{n.s}	۰/۱۰ ^{n.s}		
درصد روغن دانه (۱۲)	۰/۰۹ ^{n.s}	-۰/۶۱ ^{**}	۰/۰۱ ^{n.s}	۰/۷۳ ^{**}	-۰/۰۸ ^{n.s}	۰/۶۷ ^{**}	۰/۵۳ ^{**}	۰/۳۵ ^{n.s}	۰/۲۵ ^{n.s}	۰/۲۸ ^{n.s}	۰/۰۹ ^{**}	۰/۷۴ ^{**}	
عملکرد روغن دانه (۱۳)	۰/۲۵ ^{n.s}	-۰/۰۷ ^{**}	-۰/۰۹ ^{n.s}	۰/۷۸ ^{**}	-۰/۲۳ ^{n.s}	۰/۷۷ ^{**}	۰/۷۳ ^{**}	۰/۵۴ [*]	۰/۲۹ ^{n.s}	۰/۱۰ ^{n.s}	۰/۹۹ ^{**}	۰/۸۰ ^{**}	

* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد. n.s غیر معنی دار

نتیجه‌گیری

کمبود آب در مرحله روزت بر عملکرد دانه و روغن کلزا تأثیر معنی‌دار نداشت، اما کمبود آب در طول دوره پر شدن دانه‌ها با کاهش محتوای آب نسبی برگ، هدایت روزنه‌ها و افزایش دمای برگ باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته‌ها، اجزای عملکرد دانه به غیر از تعداد دانه در خورجین و در نهایت کاهش عملکرد دانه و روغن شد. به نظر می‌رسد تنش خشکی در دوره پر شدن دانه‌ها به‌طور عمده با کاهش تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه در کلزا را کاهش دهد. براساس نتایج و ضرایب همبستگی به‌دست آمده، شاخص‌های هدایت روزنه‌ای، مقدار آب نسبی برگ و دمای برگ در بازتاب اثرات سوء خشکی در کلزا می‌توانند قابل استفاده باشند. دو ژنوتیپ اکاپی و لیکورد به دلیل داشتن عملکرد دانه و روغن قابل قبول در شرایط عادی و کمبود آب، برای اقلیم سرد دشت تبریز قابل توصیه می‌باشند.

منابع

1. Carcova, J., Maddonni, G.A. and Ghersa, C.M. 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. *Field Crops Res.* 55: 165-174.
2. Clark, J.M. and Townekey Smith, T.F. 1998. Screening and selection techniques for improving drought resistance. In: Vose, P.B. and Blixt, S.G. (eds). *Crop breeding a contemporary basis*. Pergammon Press. U.K. Pp: 37-162.
3. Daneshmand, A., Shirani Rad, A.H., Darvish, F., Ardakani, A., Zarei, G. and Ghooshchi, F. 2006. Effect of drought stress on qualities and quantities of yield, yield components and relative water content in rapeseed cultivars. *Geological Society of America Abstracts with Programs, Speciality Meeting. No. 3.* 19p.
4. Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A. and Shirani Rad, A.H. 2009. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. *Agri. Water Manag.* 96: 132-140.
5. Golypour, A., Latifi, N., Ghassemiegoalzani, K., Alyari, H. and Moghaddam, M. 2005. Comparison of growth and seed yield of rapeseed cultivars in rainfed condition of Gorgan. *Agri. Sci. and Natur. Resour.* 11: 5-14. (In Persian)
6. Grewal, H.S. 2010. Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on sodic vertosol with variable subsoil NaCl salinity. *Agri. Water Manage.* 97: 148-156.
7. Gunasekera, C.P., Martin, L.D., Siddique, K.H.M. and Walton, G.H. 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments 1. *Crop growth and seed yield.* *Euro. J. Agron.* 25: 1-12.

8. Javidfar, F. 2006. Evaluation adaptability of developed rapeseed types in cold areas. Research final report. No. 85.871. Reaserch, Education and Extension Organization. Iran. (In Persian)
9. Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., Fieldsend, J.K., Milford, G.F.J., Andersen, M.N. and Thage, J.H. 1996. Glucosinolate, oil and protein contents of field-grown rape affected by soil drying, and evaporative demands. *Field Crops Res.* 47: 93-105.
10. Johnson, D.A. and Rumbaugh, M.D. 1995. Genetic variation and inheritance characteristics for carbon isotope discrimination in alfalfa. *Range Manag. J.* 48: 126-131.
11. Kumar, A. and Singh, D.P. 1998. Use of physiological indices as screening technique for drought tolerance in oil seed *Brassica* species. *Ann. Bot.* 81: 413-420.
12. Mendham, N.J. and Salisbury, P.A. 1995. Physiology: Crop development, growth and yield. In: Kimber, D. and Mc Gregor, D.I. (eds). *Brassica oil seeds*. CAB International. London. Pp: 11-67.
13. Miri, H.R., Emam, Y. and Mohammadi, N.M. 2008. Evaluation of some of seed yield related physiological traits. *Agri. Sci.:* 17: 101-117. (In Persian)
14. Pasban Eslam, B. 2009. Evaluation of physiological indices, yield and its components as screening technique for water deficit tolerance in rapeseed cultivars. *J. Agric. Sci. Technol.* 11: 413-422.
15. Pasban Eslam, B., Shakiba, M.R., Neyshabouri, M.R., Moghaddam, M. and Ahmadi, M.R. 2000. Evaluation of physiological indices as screening technique for drought resistance in rapeseed. *Proc. Pak. Acad. Sci. J.* 37: 143-152.
16. Pasban Eslam, B. 2004. Evaluation of physiologic and agronomic characters of rapeseed cultivars for late season drought resistance. Research final Report. No. 83.289. Reaserch, Education and Extension Organization. Iran. (In Persian)
17. Pasban Eslam, B. 2008. Effects of planting date on yield and its components of fall cultivars of rapeseed in late season cultivation. Research final report. No. 87.75. Reaserch, Education and Extension Organization. Iran. (In Persian)
18. Rao, M.S.S. and Mendham, N.J. 1991. Soil-plant-water relations of rapeseed (*Brassica napus* and *B. campestris*). *Camb. J. Agric. Sci.* 117: 197-205.
19. Sinaki, J.M., Majidi, E., Shirani Rad, A.H., Noormohammadi, G. and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stage of canola (*Brassica napus* L.). *Amer. J. Agric. Environ. Sci.* 2: 417-422.
20. Singh, D.P., Singh, P., Kumar, A. and Sharma, H.C. 1985. Transpiration. Cooling as a screening technique for drought tolerance in oilseed *Brassica*. *Ann. Bot.* 56: 815-820.
21. Sheikh, F., Toorchee, M., Valizadeh, M., Sakiba, M.R. and Pasban Eslam, B., 2006. Evaluation of drought tolerance in spring rapeseed (*Brassica sp.*). *Agri. Sci.* 15: 163-174. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Plant Production, Vol. 20 (4), 2014

<http://jopp.gau.ac.ir>

Study of some physiological indices, seed yield and its components of rapeseed varieties under drought stress

***B. Pasban Eslam**

Assistant Prof., East Azarbaijan Research Center for Agriculture and Natural Resources

Received: 12/04/2012 ; Accepted: 05/28/2013

Abstract

Evaluating the efficiency of some physiological indices for recognizing water deficit effects, selecting water deficit tolerant fall rapeseed genotypes and also evaluation of drought effects on seed and oil yields and its components were the main goals of this study. The experiment was conducted as factorial based on a randomized complete blocks design with three replications in East Azarbaijan Research Center for Agriculture and Natural Resources during 2010-2011. The experimental factors were irrigation with three levels including: non-stressed (irrigation at 30-35% available soil water depletion), water deficit stress during rosette stage in fall and seed filling stage (irrigation at 70-75% available soil water depletion) and genotype including six genotypes: Karaj 1, Karaj 3, Opera, Okapi, Licord and Modena. The results indicate that water deficit during rosette stage at fall increased leaf temperature and decreased relative water content and stomatal conductance significantly, but effects of drought on seed yield and its components were not significant. Whereas water deficit during seed filling stage, significantly increased leaf temperature and decreased leaf relative water content, stomatal conductance, plant height, yield components except seeds per silique and finally seed and oil yields. Between seed yield with silique per plant significant and positive correlation was seen. It seems that drought stress decreased seed yield mainly by decreasing silique per plant. Indices of leaf temperature, leaf relative water content and stomatal conductance indicated significant correlations with seed yield and therefore can be used for recognizing the effects of drought on rapeseed. The cultivars Okapi and Licord with 4670 and 4518 Kg/ha seed and 1861 and 1758 Kg/ha oil yield, indicated higher performances in cold climate of Tabriz region respectively.

Keywords: Physiological Indices, Rapeseed, Seed and oil yields, Water deficit

* Corresponding Author; Email: b_pasbaneslam@yahoo.com