نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۲۷۶-۲۶۱

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 261-276

تأثیر تاریخ کاشت و تنش خشکی آخر فصل بر صفات اکوفیزیولوژیک ارقام جدید کلزا (*Brassica napus* L.)

پریسا ناظری[۱]، امیرحسین شیرانی‌راد[۲*]، سید علیرضا ولد آبادی[۳]، مجتبی میراخوری[۴] و اسماعیل حدیدی ماسوله[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۲

ناظری، پ.، شیرانی‌راد، ا.ح.، ولد آبادی، س.ع.، میراخوری، م.، و حدیدی ماسوله، ا. ۱۳۹۸. تأثیر تاریخ کاشت و تنش خشکی آخر فصل بر صفات اکوفیزیولوژیک ارقام جدید کلزا (*Brassica napus* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱):۲۷۶-۲۶۱.

چکیده

بررسی واکنش ارقام مختلف کلزا (*Brassica napus L.*) به عوامل محیطی یکی از اصول اساسی برنامه‌ریزی کشور برای حصول حداکثر عملکرد کمی و کیفی است. تغییر تاریخ کاشت و خشکی از جمله عواملی است که با تغییر طول دوره رویشی و زایشی بر عملکرد محصولات زراعی تأثیر می‌گذارد. به منظور بررسی واکنش چهار رقم جدید کلزا به اثر تاریخ کاشت‌های مختلف و تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد، آزمایشی به‌صورت طرح فاکتوریل اسپیلیت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه کرج و در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. تاریخ کاشت در دو سطح تاریخ کاشت معمول و تاریخ کاشت تأخیری، آبیاری در دو سطح آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد در کرت اصلی و چهار رقم Agamax، Trapper، Smilla و Makro در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد کلیه خصوصیات مورد بررسی به جز شاخص برداشت، تحت تأثیر معنی‌دار تاریخ کاشت، تنش خشکی و رقم قرار گرفتند ($P\leq0.05$). اثر متقابل تاریخ کاشت در آبیاری در صفات کربوهیدرات‌های محلول، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و درصد روغن معنی‌دار گردید. همچنین اثر سه گانه نیز تنها در غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ معنی‌دار شد. کاشت تأخیری و قطع آبیاری سبب افزایش کربوهیدرات‌های محلول و کاهش غلظت کلروفیل برگ شد. همچنین اجزاء عملکرد کلزا نیز در اثر تأخیر در کاشت و قطع آبیاری کاهش یافت که در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه و روغن کلزا شد. در بین ارقام مورد بررسی، دو رقم Trapper و Agamax با اختلاف ناچیزی نسبت به یکدیگر دارای عملکرد بهتری نسبت به دو Smilla و Makro بودند. تنش آبیاری آخر فصل همزمان با تاخیر در کاشت باعث کاهش اجزاء عملکرد و افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول شد. عدم معنی‌دار بودن اثر متقابل ارقام در تاریخ کاشت برای عملکرد دانه و روغن مبین آن است که کاهش عملکرد ارقام، ناشی از تأخیر در تاریخ‌های کاشت از روند مشابهی برخوردار بوده است.

واژه‌های کلیدی: عملکرد و اجزای عملکرد، کشت تأخیری، کلروفیل، کم‌آبی

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) از جمله گیاهان زراعی می‌باشد که جهت استخراج روغن مورد کشت و کار قرار می‌گیرد و پس از سویا و نخل روغنی در جایگاه سوم تولید قرار دارد (El-Din et al., 2010). ارقام پاییزه‌ی کلزا می‌تواند مانند سایر گیاهان زمستانه از بارندگی فصلی استفاده نموده و به این علت جانشین مناسبی برای سایر دانه‌های روغنی نظیر سویا (*Glycine max* L.) و آفتاب‌گردان (*Helianthus annuus*) هستند (Rameeh, 2014). با رعایت اصول به زراعی و به‌نژادی، عملکرد کلزا را می‌توان بهبود بخشید. بدین منظور، علاوه بر معرفی ارقام دارای عملکرد بالاتر، از حداکثر ظرفیت ژنتیکی ارقام موجود نیز در شرایط آب و هوایی مختلف می توان استفاده نمود (Sieling et al., 2017)، که بخشی از این هدف در صورت کاشت در زمان مناسب قابل دستیابی است. بنابراین هدف از تعیین تاریخ کاشت، یافتن بهترین زمان کاشت رقم در جهت فراهمی عوامل محیطی برای سبز شدن، استقرار و بقای گیاهچه تا زمان رسیدگی محصول مناسب بوده تا هر مرحله از رشد گیاه از شرایط مطلوب برخوردار باشد. نتایج تحقیقی که روی تاریخ کاشت و

۱و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان
۲- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- دانش‌آموخته دکتری، گروه زراعت، دانشگاه آزاد تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: Shirani.rad@gmail.com)
DOI:10.22067/jag.v11i1.67311

اثر تنش‌های حاصله از آن در کلزا مشاهده شد که به دلیل دوره پر شدن طولانی‌تر دانه، تا حدودی درصد روغن افزایش می‌یابد (Seiling et al., 2017). از طرفی، کشت تأخیری باعث کوتاهی مرحله رشد رویشی گیاه شده و در نهایت، گلدهی سریع رخ می‌دهد. بنابراین، کاشت زود هنگام سبب افزایش ارتفاع ساقه شده و این مسأله موجب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌گردد. لذا در مجموع تعداد بذر در غلاف در نتیجه عدم تولید ماده خشک کافی کاهش یافته و مقدار عملکرد و درصد روغن دانه نیز کم می‌شود.

کمبود رطوبت سبب کوتاه شدن عمر گیاه کلزا و کاهش تولید ماده خشک و بازدهی محصول می‌شود. تحقیقات نشان داده است که آبیاری از مرحله ساقه رفتن تا گل‌دهی از نقطه نظر سطح برگ حائز اهمیت است (Khalili et al., 2012). کپسول‌های نارس کلزا در اثر خشکی خاک به زمین می‌ریزند، همچنین نقل و انتقال مواد فتوسنتزی از ساقه به دانه متوقف می‌شود. درنتیجه، عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Khan et al., 2010). تأمین ۷۰ تا ۷۵ درصد کل آب مصرفی گیاه بعد از گل‌دهی برای تولید حداکثر ماده خشک مناسب است. حساس‌ترین مرحله رشد و نمو کلزا به کمبود آب، مرحله گل‌دهی است. کمبود آب در این مرحله سبب افت شدید تعداد گل، کپسول و دانه شده و وزن هزار دانه و میزان روغن دانه را کاهش می‌دهد. تنش کم‌آبی باعث می‌شود که گیاه در شرایط نامساعد محیطی به گل رفته و در اثر گرما، تعدادی از گل‌ها عقیم مانده و ریزش کنند. همچنین چون گیاه در اثر بالا بودن دمای محیط در مدت زمان کمتری نیاز حرارتی خود را تأمین می‌کند طول دوره گلدهی گیاه کوتاه شده و پتانسیل تولید غلاف کاهش می‌یابد (Sepehri & Golparvar, 2011).

تنش خشکی در هر مرحله از رشد زایشی موجب کاهش عملکرد می‌شود، اما میزان کاهش به مرحله نمو بستگی دارد. تأثیر منفی تنش خشکی به ویژه طی مرحله گلدهی، تشکیل و پر شدن دانه مهم است. کمبود آب خاک در هر مرحله‌ای از رشد به خصوص در مرحله زایشی، سبب تشدید کاهش عملکرد می‌گردد و در نیمه انتهایی نمو زایشی به حداکثر می‌رسد. گزارش شده تنش رطوبتی طی دوره گلدهی سبب کاهش طول دوره گلدهی، تعداد گل، تعداد غلاف، تعداد دانه و وزن دانه می‌شود. همچنین تنش رطوبتی طی اوایل مرحله تشکیل غلاف، تعداد غلاف و دانه را بیشتر از هر مرحله دیگری کاهش می‌دهد (Keerthi et al., 2017). کمبود آب در انتهای مرحله نمو غلاف و طی تشکیل دانه، توانایی گیاه را برای سازگاری به تنش رطوبتی محدود می‌کند. در صورت آبیاری، وزن دانه و تعداد غلاف گیاهان آبیاری شده در مقایسه با گیاهان تحت تنش افزایش می‌یابد. آبیاری هنگام تکمیل گل‌دهی و پر شدن دانه، عملکرد را تا دو برابر در مقایسه با شرایط بدون آبیاری افزایش می‌دهد (Sabaghnia et al., 2010). کاهش رطوبت در زمان رشد رویشی نیز می‌تواند به طور غیرمستقیم بر ارتفاع گیاه مؤثر باشد. در واقع علت کاهش ارتفاع به تعداد گره کمتر و فاصله میانگره کوتاه‌تر مربوط است (Sabaghnia et al., 2010). پرهیز از تنش آبی در طول دوره بحرانی گلدهی تا رسیدن فیزیولوژیک مهم بوده و در همین راستا گزارش شده که در طول این دوره میزان آب نباید کمتر از ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب در خاک باشد (Din et al., 2011). گزارش‌های دیگر حاکی از آن است که تنش خشکی اجزاء اصلی عملکرد در کلزای پائیزه را کاهش می‌دهد. اعمال تنش رطوبت در مرحله رشد طولی ساقه اصلی بر تعداد شاخه‌های فرعی اثر منفی گذاشت. همچنین اعمال تنش در مرحله گلدهی موجب کاهش تعداد غلاف‌ها و در مرحله غلاف‌دهی سبب کاهش وزن هزار دانه گردید (Keerthi et al., 2017).

در مجموع، لازم است که اطلاع کامل و صحیحی از عوامل محیطی، خصوصیات زراعی و نیازهای اکولوژیک ارقام مختلف داشت تا بتوان در هر منطقه، تاریخ کاشت مناسبی را برای هر رقم پیشنهاد داد. با توجه به وجود پتانسیل کشت کلزا در منطقه کرج و نبود اطلاعات جامع در رابطه با تاریخ کاشت مناسب آن در این منطقه، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی و بررسی واکنش ارقام مختلف کلزا (از لحاظ صفاتی نظیر عملکرد و اجزائ عملکرد، برخی صفات فیزیولوژیک و همچنین محتوای روغن دانه) به شرایط مختلف ایجاد شده در تاریخ‌های متفاوت کاشت و میزان آبیاری، انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در منطقه کرج با متوسط بارندگی بلند مدت ۲۴۴ میلی‌متر که بیشترین میزان آن در آذر ماه و کمترین آن به میزان یک میلی‌متر در مرداد و شهریور اتفاق می‌افتد، انجام گرفت. بافت خاک مزرعه آزمایش، لومی-رسی با ۰/۶۴ درصد کربن آلی، اسیدیته ۷/۷۴ و هدایت الکتریکی ۱/۷۰ میلی‌موس بر سانتی‌متر و میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۱۰/۳ و ۲۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و میزان نیتروژن کل خاک برابر ۰/۰۶ درصد بود. آزمایش به صورت طرح فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارها عبارتند از: تاریخ کاشت در دو سطح شامل تاریخ کاشت معمول (۱۳۹۰/۰۷/۱۰) و تاریخ کاشت تأخیری (۱۳۹۰/۰۸/۱۰)، آبیاری نیز در دو سطح شامل آبیاری معمول (شاهد) و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد، ارقام تجاری شامل Agamax، Trapper، Marko و Smilla بودند. تاریخ کاشت و آبیاری به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و رقم در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف به طول پنج متر، فاصله خطوط ۳۵ سانتی‌متر از هم بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. فاصله بوته‌ها روی

خطوط کاشت چهار سانتی‌متر بود. بنابراین تراکم بوته حدود ۷۰ بوته در متر مربع بود (Jamshidi et al., 2012) کلیه عملیات مربوط به داشت به جز آبیاری بصورت یکسان و بر اساس عرف منطقه انجام شد. آبیاری برای تیمار آبیاری معمول در هشت مرحله و برای تیمار تنش در شش مرحله صورت گرفت.

به منظور آماده‌سازی زمین، قبل از اجرای آزمایش، زمین مورد نظر آبیاری گردید و پس از گاو رو شدن، به وسیله گاو آهن بر گردان‌دار شخم زده شد. سپس جهت خرد شدن کلوخ‌ها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین مذکور دیسک و ماله‌زده شد. سپس اقدام به نمونه‌گیری از خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر گردید. بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه کودی، اقدام به کودپاشی (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه در هر هکتار که این میزان ازت به صورت یک سوم در هنگام کاشت و دوسوم در دو مرحله از رشد به صورت سرک مصرف، مقادیر ۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم) و پخش علف‌کش ترفلان (تریفلورالین) به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار به طور یکنواخت در سطح مزرعه گردید و به وسیله دیسک سبک، کود و علف‌کش با خاک مخلوط گردیدند. به منظور استفاده بهینه از نیتروژن، بقیه کود ازته مورد نیاز به صورت سرک در مرحله شروع ساقه رفتن و ظهور اولین غنچه‌های گل مصرف گردید. پس از اجرای آزمایش مطابق نقشه کاشت و سبز شدن و استقرار گیاهچه، عملیات داشت شامل کنترل آفات به ویژه شته مومی با استفاده از سموم متاسیستوکس (۱/۵ لیتر در هکتار) و اکاتین (یک لیتر در هکتار) صورت گرفت.

به منظور بررسی تیمارهای اعمال شده، با نزدیک شدن گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ ۴ تیر ماه ۱۳۹۱، از هر کرت آزمایشی، ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و پس از حذف ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهایی خطوط با رعایت خط اول و ششم به عنوان حاشیه، نمونه‌برداری انجام شد و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته، طول خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد روغن دانه، عملکرد روغن دانه، اندازه گیری شدند. همچنین جهت بررسی صفات فیزیولوژیک، بعد از قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی (۸ اردیبهشت ۱۳۹۱) اقدام به نمونه‌گیری برگی شد و نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و در نیتروژن مایع فریز شد. برای نگهداری نمونه‌ها تا زمان انجام تجزیه‌های بیوشیمیایی در فریزر در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید و به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Varian Cary Win UV 6000i, Australia) مورد آنالیز قرار گرفت. برای سنجش مقدار کلروفیل از روش Arnon, 1949 استفاده شد. برای استخراج این رنگیزه‌ها، برگ‌ها در استون ۸۰ درصد سائیده شدند. پس از صاف کردن به وسیله کاغذ صافی جذب آن‌ها در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد. جهت صفر کردن دستگاه از استن ۸۰ درصد استفاده شد. نتایج بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه و ارائه گردیده است. جهت اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول برگ به روش دوبیس و همکاران (Dobois et al., 1956) نمونه‌های منجمد به میزان ۰/۲ گرم در سه میلی‌لیتر آب مقطر عصاره‌گیری شدند و سپس محلول همگن حاصل به کمک کاغذ صافی صاف گردید. برای اندازه‌گیری قند نمونه، به ۵۰ میکرولیتر از همگن صاف شده ۰/۵ میلی‌لیتر فنل پنج درصد و ۲/۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۹۸ درصد اضافه شد. منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های مختلف گلوکز از ۸-۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر ترسیم گردید. جذب استانداردها به همراه جذب قند نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر اندازه‌گیری شده و مقدار قند نمونه، بر مبنای وزن تر نمونه بیان شد.

آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار SAS (SAS Institute, 2002) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد محاسبه گردید. ترسیم شکل با استفاده از داده‌پرداز Micro soft office- Excel (2013) انجام شد.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس حاکی از تأثیر تیمارهای اعمال شده بر اکثر صفات مورد بررسی بود (جداول ۱ و ۳)؛ بطوری‌که تنها شاخص برداشت تحت تأثیر هیچ کدام از اثرهای اصلی و متقابل اعمال شده قرار نگرفتند. اثر اصلی تاریخ کاشت بر تمام صفات مورد بررسی به جز شاخص برداشت با ضریب احتمال ۱ درصد ($P\leq ۰/۰۱$) معنی‌دار بود. اثر اصلی آبیاری نیز همانند تارخ کاشت در تمام صفات مورد بررسی به جز شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری نشان داد. اثر اصلی رقم نیز به جز صفات تعداد شاخه در بوته و شاخص برداشت، در باقی صفات معنی‌دار شد. اثر متقابل آبیاری در تاریخ کاشت تنها در میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و درصد روغن دانه بود (جدول ۱). اثر متقابل رقم در تاریخ کاشت و اثر سه‌گانه تاریخ کاشت×آبیاری× رقم تنها در میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ معنی‌دار گردید. اثر متقابل رقم در آبیاری در هیچکدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نگردید (جداول ۱ و ۳).

اثر اصلی رقم بر میزان کلروفیل a معنی‌دار گردید؛ بطوری‌که بیشترین میزان این صفت در تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میزان ۱/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بدست آمد. تأخیر در کاشت موجب کاهش حدود ۴۰ درصد غلظت کلروفیل a شد (جدول ۲). تیمار آبیاری بر میزان کلروفیل a در گیاهان تحت تنش دارای تأثیر معنی‌داری بود (جدول ۱). همچنین در بین ارقام مورد استفاده، Trapper و Agamax دارای بیشترین میزان کلروفیل a و ارقام Makro و

Smila دارای کمترین میزان کلروفیل a بودند (جدول ۲). غلظت کلروفیل b نیز واکنشی شبیه کلروفیل a نشان داد؛ بطوری‌که تأخیر در کاشت و قطع آبیاری (بطور جداگانه) باعث کاهش ۱۴ و ۱۵ درصدی میزان کلروفیل b شد (جدول ۲). در این بین ارقام Trapper و Agamaxبیشترین و ارقام Makro و Smila دارای کمترین میزان کلروفیل b بودند. در مجموع، بیشترین غلظت کلروفیل کل در تاریخ کاشت مناسب یعنی ۱۵ مهر حاصل شد و تأخیر در کاشت موجب کاهش ۳۹ درصدی غلظت کلروفیل کل شد (جدول ۲). همچنین قطع آبیاری موجب کاهش ۱۷ درصدی غلظت کلروفیل شد؛ بطوری‌که بیشترین غلظت کلروفیل کل با میزان ۱/۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن تازه در تیمار بدون قطع آبیاری مشاهده شد (جدول ۲). در بین ارقام مورد استفاده، اگرچه بین سه رقم Trapper، Agamax و Makro از لحاظ آماری تفاوتی وجود نداشت، اما از لحاظ عددی رقم Trapper با مقدار ۱/۴۴ میلی‌گرم در گرم وزن تازه، بیشترین غلظت کلروفیل کل را دارا بود (جدول ۲).

در شرایط کمبود رطوبت خاک، محتوای کلروفیل گیاه به منظور کاهش تولید رادیکال‌های آزاد کاهش میابد. کاهش در میزان کلروفیل تحت تنش خشکی اغلب مشاهده شده که از آن جمله می‌توان به گزارش دلخوش و همکاران (Delkhosh et al., 2005) در گونه‌های *Brassica* اشاره کرد. کاهش مقادیر کلروفیل تحت تنش خشکی، توسط دیگر محققین گزارش شده است (Kauseri et al., 2006). آنها اعلام کردند که میزان کلروفیل a و b در بسیاری از گیاهان متأثر از خشکی بوده و می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های تحمل به خشکی مورد توجه قرار گیرد. این تغییرات احتمالاً می‌تواند به این دلیل باشد که در شرایط تنش خشکی تولید رادیکال‌های آزاد در سیستم فتوسنتزی افزایش یافته و گیاه با فعال کردن آنزیم کلروفیلاز اقدام به تخریب محتوای کلروفیل خود می‌کند تا به این طریق از افزایش تخریب سایر سلول‌های گیاهی توسط رادیکال‌های آزاد جلوگیری کند. طی تحقیقاتی که بر روی تأثیر تنش خشکی بر مقدار کلروفیل ارقام کلزا انجام گرفته نشان داده است که تنش کمبود آب در برخی ارقام باعث کاهش میزان محتوای کلروفیل برگ می‌شود. همبستگی مثبت کلروفیل (**۰/۹) با عملکرد دانه نشان‌دهنده آن است که ارقام با کلروفیل بیشتر توانایی تولید مواد پرورده بیشتری بوده است که در نهایت، منجر به افزایش عملکرد دانه شده است (جدول ۶).

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا تحت تاثیر تیمارهای آبیاری، تاریخ کاشت و رقم

Table1- Analysis of variance (mean of squares) of physiological traits, yield and yield components of canola affected as different regimes, sowing date and cultivars

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyyll	کربوهیدراتهای محلول کل Total solution carbohydrate	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته No. of branches per plant	تعداد خورجین در بوته No. of pods per plant
بلوک Block	2	0.025^{ns}	0.0024^{ns}	0.0415*	55.05**	20.0^{ns}	3.12^{ns}	999.4**
تاریخ کاشت Sowing date	1	3.026**	0.0712**	4.0468**	4215.78**	950.5**	82.91**	61270.2**
آبیاری Irrigation	1	0.491**	0.0258*	0.7145**	741.66**	275.3**	22.91*	14592.1**
آبیاری×تاریخ کاشت Sowing Date×Irrigation	1	0.022^{ns}	0.0004^{ns}	0.0235^{ns}	14.54**	51.5*	0.08^{ns}	383.1*
خطا کرت اصلی Main error	6	0.005	0.0012	0.0054	0.08	5.4	3.32	37.3
رقم Cultivar	3	0.126 **	0.0033**	0.1497**	121.64**	33.8**	1.89^{ns}	1956.1**
رقم× تاریخ کاشت Sowing Date× Cultivar	3	0.003^{ns}	0.0001^{ns}	0.0031^{ns}	4.71**	3.3^{ns}	0.77^{ns}	23.5^{ns}
رقم×آبیاری Irrigation×Cultivar	3	0.005^{ns}	0.0001^{ns}	0.0045^{ns}	0.22^{ns}	0.3^{ns}	0.62^{ns}	0.9^{ns}
آبیاری×تاریخ کاشت×رقم Sowing Date×Cultivar×Irrigation	3	0.002 ^{ns}	0.0003^{ns}	0.0024^{ns}	2.41**	0.8^{ns}	0.25^{ns}	4.3^{ns}
خطای کرت فرعی Sub error	24	0.007	0.0006	0.0086	0.26	4.5	1.25	45.1
ضریب تغییرات CV(%)		8.0	8.2	6.9	1.2	1.4	7.9	4.5

ns و *، **: به ترتیب بدون اثر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, * and **: significant at 1 and 5% probability levels and no significant, respectively.

اثر سطوح تاریخ کاشت، آبیاری، رقم و همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری و تاریخ کاشت × رقم و همچنین اثر سه گانه تاریخ کاشت × آبیاری × رقم در سطح ۱ درصد بر میزان کربوهیدرات محلول برگ معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح تاریخ کاشت بر میزان کربوهیدرات محلول برگ نشان داد که تأخیر در کاشت باعث افزایش میزان کربوهیدرات محلول برگ شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح آبیاری بر میزان کربوهیدرات نشان داد که قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد باعث افزایش میزان کربوهیدرات محلول در برگ شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر رقم بر میزان کربوهیدرات محلول برگ نشان داد که ارقام Trapper و Agamax کمترین میزان کربوهیدرات محلول در برگ را داشتند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت و آبیاری بر میزان کربوهیدرات محلول برگ نشان داد که تأخیر در کاشت و همچنین تنش در مرحله خورجین دهی باعث افزایش میزان کربوهیدرات محلول برگ شد (جدول ۳). کمترین میزان کربوهیدرات محلول برگ مربوط به آبیاری معمول در تاریخ کاشت ۱۵ مهر مشاهده شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین-های اثر متقابل تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر میزان کربوهیدرات محلول برگ نشان داد که رقم Smilla در تاریخ کاشت دوم (۵ آبان) و قطع آبیاری بیشترین و رقم Trapper در تاریخ کاشت ۱۵ مهر و آبیاری عادی کمترین میزان کربوهیدرات محلول برگ را داشتند. افزایش مقدار قندهای محلول بر اثر تنش خشکی در کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Aein, 2011)، کتان روغنی (*Linum usitatssimum* L.) (Parida et al., 2008) و برنج (*Oryza sativa* L.) (Pirdashti et al., 2009) نیز گزارش شده است. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر رقم بر میزان کربوهیدرات محلول برگ نشان داد که ارقام Trapper و Agamax کمترین میزان کربوهیدرات محلول در برگ را داشتند (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت و آبیاری بر میزان کربوهیدرات محلول برگ نشان داد که تأخیر در کاشت و همچنین تنش در مرحله خورجین‌دهی باعث افزایش میزان کربوهیدرات محلول برگ شد (جدول ۳). کمترین میزان کربوهیدرات محلول برگ مربوط به آبیاری معمول در تاریخ کاشت ۱۵ مهر بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سه گانه تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر میزان کربوهیدرات محلول برگ نشان داد که رقم Trapper در تاریخ کاشت اول (۱۵ مهر) و آبیاری نرمال، کمترین میزان کربوهیدرات محلول برگ را داشت (شکل ۱). تنظیم اسمزی در گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند به مقدار زیادی به قندهای محلول بستگی دارد.

جدول ۲- اثر اصلی تیمارهای آبیاری، تاریخ کاشت و رقم بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

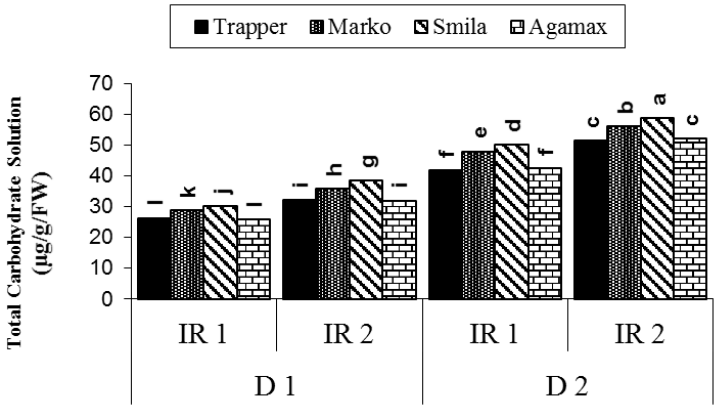
Table 2- Main effects of irrigation, sowing date and cultivars on physiological traits, yield and yield components of canola

تیمار Treatment	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تازه) Chlorophyll a (mg/g.FW)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تازه) Chlorophyll b (mg/g.FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/g.FW)	کربوهیدرات‌های محلول کل (میکروگرم در گرم وزن تازه) Total solution carbohydrate (µg/g/FW)	ارتفاع بوته (سانتی-متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه در بوته No. of branches per plant	تعداد خورجین در بوته No. of pods per plant
تاریخ کاشت Sowing date							
۱۵ مهرماه October 6th	1.32 a ±0.02	0.33 a ±0.008	1.64 a ±0.02	31.21 b ±0.86	148.9 a ±0.89	15.3 a ±0.29	184.9 a ±5.10
۵ آبان ماه October 26th	0.79 b ±0.02	0.25 b ±0.005	1.01 b ±0.04	50.16 a ±1.16	139.8 b ±0.52	12.7 b ±0.26	112.5 b ±3.85
رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes							
بدون قطع آبیاری Without water holding	1.15 a ±0.05	0.32 a ±0.011	1.47 a ±0.06	36.72 b ±1.95	146.8 a ±1.25	105.6 a ±0.38	166.3 a ±8.56
قطع از مرحله خورجین‌دهی بدبعد Without water holding	0.95 b ±0.06	0.27 b ±0.009	1.22 b ±0.07	44.63 a ±2.17	141.9 b ±0.87	85.8 b ±0.34	131.1 b ±7.37
رقم cultivar							
تریر Trapper	1.13 a ±0.07	0.31 a ±0.015	1.44 a ±0.08	37.98 c ±3.04	145.6 a ±1.77	14.2 a ±0.54	159.7 a ±12.2
ماکرو Makro	1.01 b ±0.09	0.29 b ±0.014	1.29 a ±0.10	42.21 b ±3.28	143.5 b ±1.59	13.9 a ±0.53	142.6 b ±12.3
سمیلا Smilla	0.94 b ±0.09	0.28 b ±0.012	1.22 b ±0.10	44.45 a ±3.20	142.4 b ±1.49	13.5 a ±0.59	133.7 c ±11.8
اگامکس Agamax	1.12 a ±0.08	0.31 a ±0.013	1.43 a ±0.09	38.10 c ±2.89	145.9 a ±1.80	14.3 a ±0.57	159.0 a ±12.6

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

Values within the each column and followed by the same letter are not different at $P \leq 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.

به عقیده برخی محققین در طول دوره تنش، قندها به عنوان یکی از مکانیسم‌های مقاومت عمل می‌کنند (Bai et al., 2013). اعتقاد بر این است که در بسیاری از گیاهانی که توانایی افزایش قندهای محلول را در اندام خود دارند توانایی مقاومت در برابر تنش را نیز دارند (Kirkegaard et al., 2008). تجمع قندهای ساده که در اثر سازگاری به تنش خشکی اتفاق می‌افتد در پایداری غشاء نیز نقش دارد و باعث حفاظت غشاء در مقابل خسارت پس‌آبیدگی می‌شود. بر اساس تحقیقات پیشین، قندهای محلول می‌توانند نقش مهمی در تنظیم اسمزی سلول‌ها ایفاء نمایند و برخی گیاهان مانند کلزا از طریق تجمع مقدار زیادی مواد محافظت‌کننده اسمزی مانند قندهای محلول می‌توانند به طور چشمگیری نسبت به تنش‌های دمای بالا و خشکی مقاومت نمایند و ظرفیت پایین در تجمع محافظت کننده‌های اسمزی مانند قندها یکی از دلایل ضعف گیاهان در شرایط تنش عنوان شده است (Bai et al., 2013). از طرفی تنش دمای پایین می‌تواند سبب بروز خسارت به غشای سلولی و ایجاد اختلال در انتقال مولکول‌ها و یون‌ها از طریق کانال‌ها و پمپ‌های موجود در غشاء گردد که این امر می‌تواند یکی از دلایل مهم ناتوانی ارقام در انتقال قندها از برگ به دانه و افزایش میزان قند در برگ گیاهان باشد. افزایش قندها در گیاه کلزا تحت تنش خشکی توسط محققین (Kirkegaard et al., 2008) گزارش شده است. همبستگی منفی (**۰/۸۷-) این صفت با عملکرد دانه نیز نشان می‌دهد که ارقامی تجمع قندهای محلول در برگ خود بنحوی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد که قندهای محلول یکی از عوامل مقاومت به تنش در ارقام متحمل در این چنین آزمایش‌هایی باشند. محققین اظهار داشتند که قندهای محلول در گیاه کلزا می‌تواند تأثیرات مضر خشکی بر خصوصیات رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد را کاهش دهد (Kirkegaard et al., 2012).



شکل ۱- اثر سه‌گانه تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ کلزا

Fig. 1-Three way intraction of sowing date, irrigation and cultivars on total carbohydrate solution of canola

D_1: تاریخ کاشت ۱۵ مهر، D_2: تاریخ کاشت ۵ آبان، IR_1: بدون قطع آبیاری، IR_2: قطع از مرحله خورجین‌دهی به‌بعد،

D_1: October 6th, D_2: October 26th; IR_1: Without water holding, IR_2: Water holding at pod stage

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Values within the each column and followed by the same letter are not different at $P < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح تاریخ کاشت، آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بودند. همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت و آبیاری بر ارتفاع بوته معنی-دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته نشان داد که بیشترین ارتفاع مربوط به تاریخ ۱۵ مهر با میانگین ۱۴۸/۹ سانتی‌متر بود و نسبت به تاریخ کاشت ۵ آبان برتری معنی‌داری داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح آبیاری بر ارتفاع بوته نشان داد که آبیاری معمول با میانگین ۱۴۶/۸ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته را داشت و نسبت به قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد برتری معنی‌داری داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر رقم بر ارتفاع نشان داد که ارقام Trapper و Agamax به ترتیب با میانگین‌های ۱۴۵/۶ و ۱۴۵/۹ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع را در بین ارقام داشتند (جدول ۲). دیگر محققین در بررسی عکس‌العمل سه رقم کلزای پاییزه به چهار رژیم آبیاری قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد، قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی، قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه به بعد و تیمار آبیاری معمول (شاهد) مشاهده کردند که قطع آبیاری (تنش خشکی) موجب کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیک (ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و

طول خورجین)، عملکرد دانه و اجزای عملکرد (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه) و عملکرد روغن گردید (Hassan zade et al., 2005).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح تاریخ کاشت و آبیاری بر تعداد شاخه در بوته معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج حاکی از آن بود که تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۱۵/۳۴ شاخه بیشترین تعداد شاخه در بوته را داشت و کاشت دیرهنگام (۵ آبان) باعث کاهش تعداد شاخه در بوته شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری بر تعداد شاخه در بوته نشان داد که آبیاری معمول با میانگین ۱۰۵/۶ میلی‌متر نسبت به قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد برتری معنی‌دار داشت (جدول ۲). این نتایج با نتایج به‌دست آمده از بررسی مشابه که توسط جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2012) مطابقت دارد.

جدول ۳- اثر متقابل دوگانه آبیاری در تاریخ کاشت بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 3- Two-way interaction between irrigation and sowing date on physiological traits, yield and yield components

تیمار Treatment		صفات Traits			
تاریخ کاشت Sowing date	رژیم های آبیاری Irrigation regimes	کربوهیدرات‌های محلول (میکروگرم بر گرم وزن تازه) Total solution carbohydrate (µg/g/FW)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد خورجین در بوته No. of pods per plant	درصد روغن دانه Oil Percentage
۱۵ مهرماه October 6th	بدون قطع آبیاری Without water holding	27.7 d ± 0.56	152.4 a ± 0.83	205.5 a ± 4.10	45.2 a ± 0.17
	قطع از مرحله خورجین‌دهی به‌بعد Water holding at pod stage	34.6 c ± 0.83	145.4 b ± 0.68	164.4 b ± 3.94	43.9 b ± 0.18
۵ آبان ماه October 26th	بدون قطع آبیاری Without water holding	45.6 b ± 1.09	141.2 c ± 0.50	127.2 c ± 3.47	42.8 c ± 0.14
	قطع از مرحله خورجین‌دهی به‌بعد Water holding at pod stage	54.6 a ± 0.89	138.5 d ± 0.74	97.8 d ± 3.27	42.2 d ± 0.15

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد می‌باشند.

Values within the each column and followed by the same letter are not different at $P < 0.05$.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح تاریخ کاشت، آبیاری و رقم در سطح ۱ درصد بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری در سطح ۵ درصد بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح تاریخ کاشت بر تعداد خورجین در بوته نشان داد که تأخیر در کاشت باعث کاهش شدید تعداد خورجین در بوته شد. تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۱۸۴/۹ خورجین بیشترین مقدار را داشت و نسبت به تاریخ کاشت ۵ آبان با ۱۱۲/۵ خورجین برتری قابل توجهی داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح آبیاری بر تعداد خورجین در بوته نشان داد که آبیاری معمول با میانگین ۱۶۶/۳ خورجین بیشترین تعداد خورجین را داشت و نسبت به قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد برتری داشت (جدول ۲). ارقام Trapper و Agamax به ترتیب با ۱۵۹/۷ و ۱۵۹ خورجین، بیشترین تعداد خورجین در بوته را داشتند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری بر تعداد خورجین در بوته نشان داد که تیمار آبیاری معمول در تاریخ کاشت ۱۵ مهر بیشترین تعداد خورجین در بوته را داشت. نتایج همچنین بیانگر این بود که در هر تاریخ کاشت، آبیاری معمول نسبت به قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد از نظر تعداد خورجین در بوته برتری معنی‌داری داشت (جدول ۳). کشت دیر هنگام کلزا سبب شد تا گیاه با گیاهچه‌های ضعیفی وارد زمستان شود. در نتیجه در اثر سرمای زمستان آغازی‌های گلچه‌ها آسیب دیدند. از طرفی، بعد از زمستان نیز با بوته‌های ضعیف‌تری گلدهی انجام شد و تعداد گلچه کمتری به خورجین تبدیل شد. اوزر (Ozer, 2003) عنوان کرد که بین تجمع ماده خشک در طول دوره رشد رویشی تا زمان گلدهی و تعداد خورجین در بوته رابطه خطی وجود دارد. وی دلیل کاهش تعداد خورجین گیاه در تاریخ کاشت‌های دیرتر که عامل اصلی در کاهش عملکرد دانه است را ضعیف بودن بوته‌ها در زمان گلدهی دانسته است.

جدول ٤- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا تحت تاثیر تیمارهای آبیاری، تاریخ کاشت و رقم

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of physiological traits, yield and yield components of canola affected as different regimes, sowing date and cultivars

منابع تغیر Source of variation	درجه آزادی df	طول خورجین Pod length	تعداد دانه در خورجین No. of seeds per pod	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biomass yield	درصد روغن دانه Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	1.05^{ns}	20.43**	20.16*	409578^{ns}	5224993	1.12^{ns}	98942^{ns}	17.12^{ns}
تاریخ کاشت Sowing Date	1	86.37**	2028.19**	36028.64**	34157513**	64145972^{9**}	48.17**	7898046**	20.91
آبیاری Irrigation	1	20.29**	389.91**	7.18**	10510730*	12943914^{0**}	10.08**	2381082*	7.94^{ns}
آبیاری×تاریخ کاشت Sowing date×Irrigation	1	0.0003^{ns}	0.62^{ns}	0.06^{ns}	455.85^{ns}	1319804^{ns}	1.44*	13735^{ns}	3.67^{ns}
خطا کرت اصلی Main error	6	0.43	1.62	0.05	844164	3187036	0.21	184075	14.21
رقم Cultivar	3	2.95**	60.56**	10.07**	1454124*	21967231**	1.43**	323105*	1.31^{ns}
رقم× تاریخ کاشت Sowing date×cultivar	3	0.017^{ns}	0.86^{ns}	0.02^{ns}	15050^{ns}	244515	0.12^{ns}	4540^{ns}	1.44^{ns}
رقم×آبیاری Irrigation×Cultivar	3	0.005^{ns}	0.17^{ns}	0.01^{ns}	28060^{ns}	706804^{ns}	0.002^{ns}	3690^{ns}	0.39^{ns}
آبیاری×تاریخ کاشت×رقم Irrigation×Sowing date×cultivar	3	0.001^{ns}	0.67^{ns}	0.004^{ns}	3995^{ns}	219524^{ns}	0.0094^{ns}	635^{ns}	2.08^{ns}
خطای کرت فرعی Sub error	24	0.38	2.52	0.02	371088	597374	0.27	73507	40.51
ضریب تغییرات CV(%)		9.6	8.7	4.08	16.37	5.21	1.02	16.59	25.15

ns ،* و ** به ترتیب بدون اثر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, * and ** significant at 0.01, 0.05 probability level and no significant, respectively.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر طول خورجین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح تاریخ کاشت بر طول خورجین نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۷/۸ سانتی‌متر نسبت به تاریخ کاشت ۵ آبان برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح آبیاری بر طول خورجین نشان داد که بیشترین طول خورجین از آبیاری معمول با میانگین ۷/۱ سانتی‌متر حاصل شد و نسبت به قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ارقام Trapper و Agamax با میانگین ۶/۸ سانتی‌متر بیشترین طول خورجین را داشتند (جدول ۵). طول خورجین در کلزا از جمله صفاتی است که به‌طور غیرمستقیم بر عملکرد دانه تأثیرگذار است و ارقامی از کلزا که دارای طول خورجین بلندتری بوده‌اند، مطلوب‌تر هستند و علت آن را مربوط به افزایش ظرفیت تعداد دانه و افزایش سطح فتوسنتزکننده خورجین متناسب با افزایش طول آن دانسته‌اند (Ehteshami et al., 2014).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر تعداد دانه در خورجین در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۲۴/۶ دانه نسبت به تاریخ کاشت تأخیری (۵ آبان) با میانگین ۱۱/۵ دانه برتری چشمگیری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری بر تعداد دانه در خورجین نشان داد که آبیاری معمول با میانگین ۲۰/۹ دانه نسبت به قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر رقم بر تعداد دانه در خورجین نشان داد که ارقام Trapper و Agamax به ترتیب با میانگین‌های ۱۶/۹ و ۱۹/۸ دانه بیشترین تعداد دانه در خورجین را داشتند (جدول ۵). تعداد دانه در خورجین یکی از اجزای عملکرد کلزا است که با افزایش آن عملکرد گیاه افزایش می‌یابد. هرچه تعداد دانه در خورجین بیشتر باشد، مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. احتشامی و همکاران (Ehteshami et al., 2014) دریافتند که افزایش تعداد دانه در خورجین یک عامل کلیدی در افزایش عملکرد ارقام جدید می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین مقدار وزن هزار دانه از تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۴/۶ گرم بدست آمد و نسبت به تاریخ کاشت دوم (۵ آبان) برتری چشمگیری قابل مشاهده بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح آبیاری بر وزن هزار دانه نشان داد که آبیاری معمول با میانگین ۴/۱۸ گرم نسبت به قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر رقم بر وزن هزار دانه نشان داد که ارقام Trapper و Agamax به ترتیب با میانگین‌های ۴/۰۳ و ۴/۰ گرم بیشترین وزن هزار دانه را داشتند و از نظر آماری هم‌گروه بودند (جدول ۵). کاهش وزن هزار دانه به دنبال تنش خشکی احتمالاً به‌دلیل کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی و آسیمیلات‌ها به دانه بوده است که در این شرایط گیاه حتی با انتقال مجدد ذخایر اندوخته شده خود نیز نتوانسته کاهش آسیمیلات ناشی از تنش را جبران نماید و این وضعیت منجر به کاهش وزن دانه‌ها گردیده است. گزارشات مشابهی در این زمینه ارائه شده است (Zhang et al., 2013).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح تاریخ کاشت بر عملکرد دانه نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۴۵۷۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت و نسبت به تاریخ کاشت ۵ آبان با میانگین ۲۸۶۷ کیلوگرم در هکتار اختلاف قابل توجهی داشت (جدول ۵). به نظر می‌رسد که کشت دیرهنگام کلزای پاییزه باعث می‌شود که گیاه با یک روزت ضعیف وارد فصل زمستان می‌شود و در نتیجه بوته‌ها در اثر سرمای زمستانه آسیب می‌بینند. بنابراین بعد از فصل زمستان و با گرم شدن هوا نمی‌تواند به اندازه کافی از شرایط محیطی جهت انجام فتوسنتز و تولید شیره پرورده استفاده کند. در این صورت پر شدن دانه‌ها زمانی واقع می‌شود که درجه حرارت محیط بالا بوده و گرمای زیاد مانع از پر شدن دانه‌ها می‌شود و میزان مواد متابولیکی ذخیره‌ای با تشدید تنفس کاهش خواهد یافت. در این شرایط خورجین‌های حاوی دانه‌های کوچک و پوک با وزن هزار دانه اندک تولید می‌شوند (Fallah et al., 2010) که در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه کلزا خواهد شد. در این رابطه بیان شده که تأخیر در کاشت باعث کاهش رشد رویشی گیاه و درنتیجه کاهش مواد فتوسنتزی قابل انتقال به دانه‌ها در طی مرحله نمو آن‌ها می‌شود که با کاهش وزن هزار دانه و عملکرد دانه همراه است (Tobe et al., 2013).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح آبیاری بر عملکرد دانه نشان داد که قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد باعث کاهش عملکرد دانه شد. آبیاری معمول با میانگین ۴۱۹۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت (جدول ۵). دیگر محققین اظهار داشتند هنگامی که گیاه در مرحله رشد خورجین‌ها با کمبود آب مواجه گردد، انتقال مواد غذایی به دانه‌ها تقلیل یافته و عملکرد کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش تعداد و اندازه خورجین‌ها می‌باشد (Gholipoor et

جدول ۵- اثرات اصلی تیمار آبیاری، تاریخ کاشت و رقم بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 5- Main effect of irrigation, sowing date and cultivars treatment on physiological traits, yield and yield components of canola

تیمار Treatment	طول خورجین (سانتی‌متر) Pod lenght (cm)	تعداد دانه در خورجین No. of seeds per pod	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	عملکرد دانه Seed Yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biomass yield (kg.ha^{-1})	درصد روغن دانه Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha^{-1})
اثر اصلی تاریخ کاشت Main effect of sowing date							
۱۵ مهرماه October 6th	7.8 a ±0.20	26.6 a ± 0.75	4.62 a ± 0.09	4572.7 a ± 163	18503 a ± 501	44.5 a ± 0.17	2043 a ±79
۵ آبان ماه October 26th	5.1 b ±0.18	11.5 b ± 0.78	2.91 b ± 0.11	2867.7 b ± 161	11140 b ± 416	42.5 b ± 0.11	1223 b ±71
رژیم های آبیاری Irrigation regimes							
بدون قطع آبیاری Without water holding	7.1 a ±0.31	20.9 a ± 1.43	4.18 a ± 0.19	4190.1 a ± 218	16464 a ± 844	44.0 a ± 0.26	1857 a ±107
قطع از مرحله خورجین‌دهی به‌بعد Without water holding	5.8 b ±0.31	15.2 b ± 1.46	3.40 b ± 0.20	3250.3 b ± 220	13182 b ± 809	43.1 b ± 0.21	1409 b ±100
رقم Cultivar							
Trapper تریر	6.8 a ±0.46	16.9 a ± 2.09	4.03 a ± 0.28	4002.6 a ± 323	15956 a ± 1205	43.8 ab ±0.36	1764 ab ±154
Makro مارکو	6.2 b ±0.47	17.1 b ± 2.27	3.60 b ± 0.29	3527.6 ab ± 353	14058 b ±1247	43.3 bc ±0.34	1544 bc ±167
Smilla سمیلا	5.9 b ± 0.47	15.3 c ± 2.22	3.41 c ± 0.30	3325.9 b ± 321	13323 c ±1252	43.1 c ±0.34	1446 c ±150
Agamax اگامکس	6.8 a ± 0.48	19.8 a ± 2.18	4.02 a ± 0.29	4024.6 a ± 344	15954 a ±1280	43.8 a ±0.39	1778 a ±164

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

Values within the each column and followed by the same letter are not different at $P \leq 0.05$.

(al., 2004. گزارش شده کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی متأثر از کاهش اجزای عملکرد از جمله تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، ارتفاع بوته و وزن ماده خشک بوده است (Molazem et al., 2013). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر رقم بر عملکرد دانه نشان داد که ارقام Trapper و Agamax به ترتیب با میانگین‌های ۴۰۰۲ و ۴۰۲۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشتند و از نظر آماری هم‌گروه بودند. کمترین عملکرد دانه مربوط به رقم Smilla بود (جدول ۵). بسیاری از محققان همبستگی مثبت بالایی بین تعداد خورجین در گیاه، تعداد شاخه در بوته، طول خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه با عملکرد دانه را گزارش کردند (Diepenbrock 2000; Fallah Haki et al., 2012). در تحقیق حاضر به جز غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ، بین اجزاء عملکرد و عملکرد دانه رابطه مستقیم معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۶). نتایج مشابهی با نتایج این تحقیق گزارش شده مبنی بر اینکه بین تعداد غلاف در دانه، تعداد دانه در غلاف و طول غلاف با عملکرد دانه رابطه مستقیمی وجود دارد (Sabaghian et al., 2006; Khan et al., 2006). همبستگی مثبت و معنی‌دار اجزاء عملکرد با عملکرد دانه مبین آن است که اثرات معنی‌دار تغییرات این صفات بر عملکرد دانه نیز تغییر خواهد گذاشت (جدول ۶). بر این اساس، تأخیر در کاشت موجب کاهش عملکرد دانه می‌گردد. به نظر می‌رسد دلیل اصلی افزایش عملکرد دانه در تاریخ کاشت مناسب، مساعد بودن درجه حرارت باشد که باعث می‌شود گیاه رشد رویشی سریعتر و بیشتری داشته باشد و در نهایت، بوته‌های قوی‌تر و با عملکرد دانه بیشتری تولید کند. عملکرد دانه رابطه مستقیم بالایی با تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه دارد. گزارش شده که کشت دیر هنگام کلزا موجب همزمانی گرده‌افشانی گیاه با دمای بالا می‌گردد که مجر به عقیمی گلچه‌ها، تسریع و کوتاه شدن زمان پر شدن دانه و در نهایت افت عملکرد دانه می‌شود (Pavlista et al., 2011). به‌طور کلی، کاهش یافتن زیست‌توده گیاه و کوتاه شدن دوره رشد رویشی و زایشی را می‌توان از دلایل مهم کاهش عملکرد در کشت‌های تأخیری عنوان کرد. مطالعات پاولیستا و همکاران Pavlista et (al., 2011) کاهش عملکرد دانه در تاریخ کاشت دیر هنگام را به کاهش در زیست‌توده در زمان رسیدگی مرتبط دانستند. در مطالعه‌ای در خصوص چگونگی اثر تاریخ کاشت بر روی خصوصیات فنولوژیکی و عملکرد دانه ارقام مختلف کلزا گزارش شده است که با تأخیر در تاریخ کاشت عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت. در واقع، با تأخیر در تاریخ کاشت، زمان مورد نیاز برای رشد رویشی و زایشی کوتاهتر شده و این امر منجر به کاهش عملکرد دانه گردید (Adamsen & Coffelt, 2005).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیکی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیکی نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین حدود ۱۸۵۰۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیکی را داشت و نسبت به تاریخ کاشت ۵ آبان برتری قابل ملاحظه‌ای از خود نشان داد (جدول ۵). گزارش شده که با تأخیر در کاشت، روزت ضعیف‌تر باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی می‌شود (Fanaei et al., 2008). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی نشان داد که آبیاری معمول با میانگین ۱۶۴۶۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به شرایط تنش (قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد) برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه ارقام از نظر عملکرد بیولوژیکی نشان داد که ارقام Trapper و Agamax به ترتیب با میانگین‌های ۱۵۹۵۶ و ۱۵۹۵۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیکی را داشتند (جدول ۵). عملکرد بیولوژیکی از چند جنبه حائز اهمیت است. از طرفی به دلیل اینکه دربرگیرنده عملکرد کاه است، می‌تواند از لحاظ اقتصادی مورد توجه قرار گیرد. چرا که علوفه کلزا از نظر پروتئین قابل هضم کیفیت خوبی برای دام دارد (Khajepour., 2005). از نظر فیزیولوژیکی نیز عملکرد بیولوژیکی معادل تولید خالص کل می‌باشد. بنابراین گیاهانی دارای عملکرد بالایی خواهند بود که با توجه به شرایط رشد خود از عوامل تولید بهترین استفاده را داشته و مواد فتوسنتزی بیشتری را در اندام‌های خود تجمع دهند و داری بیشترین تولید خالص باشند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر میزان روغن دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری بر میزان روغن دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح تاریخ کاشت بر میزان روغن دانه نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۴۴/۵ درصد نسبت به تاریخ کاشت ۵ آبان برتری معنی‌داری از نظر درصد روغن داشت (جدول ۵). میزان روغن دانه صفتی با وراثت پذیری بالا می‌باشد که البته تا حدودی هم تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. در میان عوامل محیطی موثر بر مقدار روغن دانه، دما مهمترین عامل محسوب می‌شود که با افزایش آن، افت شدیدی در درصد روغن دانه آشکار می‌شود. این اثر کاهنده دما بر درصد روغن در تاریخ‌های کاشت دیر مشهودتر می‌باشد (Fanaei et al., 2008). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری بر میزان روغن دانه نشان داد که قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد باعث کاهش معنی‌دار در محتوای روغن دانه شد، اگرچه این کاهش جزئی بود (جدول ۵). در تحقیقی تنش خشکی در سطوح مختلف میزان روغن دانه را نسبت به شاهد کاهش داد، ولی بین سطوح مختلف تنش

تفاوت معنی‌داری از نظر میزان روغن دانه وجود نداشت (Naderi et al., 2004). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح رقم بر میزان روغن دانه نشان داد که ارقام Trapper و Agamax با میانگین ۴۳/۸ درصد بیشترین درصد روغن دانه را داشتند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری بر میزان روغن دانه نشان داد که بیشترین میزان روغن دانه مربوط به تیمار آبیاری معمول در تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۴۵/۲ درصد بود (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر عملکرد روغن دانه معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح تاریخ کاشت بر عملکرد روغن دانه نشان داد که بیشترین میزان روغن دانه از تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۲۰۴۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد و نسبت به تاریخ کاشت ۵ آبان برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح آبیاری بر عملکرد روغن دانه نشان داد که آبیاری معمول با میانگین ۱۸۵۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد روغن دانه را دارا بود که نسبت به قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح رقم بر عملکرد روغن دانه نشان داد که ارقام Agamax و Trapper به ترتیب با میانگین‌های ۱۷۷۸ و ۱۷۶۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد روغن دانه را داشتند (جدول ۵).

جدول ٦- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا

Table 6- Pierson correlation coefficients between physiological traits, yield and yield components traits of canola

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	کلروفیل کل Total chlorophyll	1										
2	کربوهیدرات‌های محلول برگ Total solution carbohydrate	-0.97**	1									
3	ارتفاع بوته Plant height	0.88**	-0.90**	1								
4	تعداد شاخه در بوته No. of branches per plant	0.76**	-0.80**	0.71**	1							
5	تعداد خورجین در بوته No. of pods per plant	0.95**	-0.98**	0.93**	0.99**	1						
6	طول خورجین Pod length	0.91**	-0.93**	0.87**	0.91**	0.92**	1					
7	تعداد دانه در خورجین No. of seeds in pod	0.96**	-0.98**	0.91**	0.96**	0.97**	0.94**	1				
8	وزن هزار دانه 1000-seed weight	0.96**	-0.98**	0.90**	0.96**	0.97**	0.95**	0.97**	1			
9	عملکرد دانه Seed yield	0.90**	-0.87**	0.85**	0.87**	0.88**	0.85**	0.88**	0.88**	1		
10	عملکرد بیولوژیک Biomass yield	0.93**	-0.97**	0.89**	0.95**	0.97**	0.93**	0.97**	0.95**	0.87*	1	
11	درصد روغن دانه Oil percentage	0.91**	-0.90**	0.90**	0.92**	0.92**	0.86**	0.92**	0.91**	0.89**	0.91**	1
12	عملکرد روغن دانه Oil yield	0.90**	-0.88**	0.86**	0.88**	0.88**	0.86**	0.89**	0.89**	0.99**	0.88**	0.91**

**: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

*: Significant at 1% probability level.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که تاریخ کاشت تأثر بسیار زیادی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و روغن ارقام کلزا دارد. تغییر در تاریخ کاشت کلزا باعث می‌شود که مراحل نمو گیاه با عوامل اکولوژیک متفاوتی مواجه شود که این عوامل بر تولید این محصول اثرگذار است. با تأخیر در کاشت به دلیل از دست رفتن زمان‌های

مناسب برای رشد، گیاه به پتانسیل بالقوه خود نمی‌رسد. همچنین تأخیر در کاشت باعث برخورد مراحل پرشدن دانه و تجمع روغن با دمای بالاتر محیط شد که این شرایط کاهش عملکرد دانه و روغن را در پی داشت. نبود آبیاری آخر فصل منجر به تأثیر تنش خشکی در آزمایش شده و باعث تشدید اثر گرمای ناشی از تأخیر در کاشت می‌گردد. در بین ارقام مورد بررسی نیز Agamax و Smilla از بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه برخوردار بوده‌اند. عدم معنی‌دار بودن اثر متقابل رقم در تاریخ کاشت یا خشکی برای عملکرد دانه این صفت مبین آن است که کاهش عملکرد دانه ارقام ناشی از تیمارهای اعمال شده از روند مشابهی برخوردار بوده است.

منابع

Adamsen, F.J., and Coffelt, T.A. 2005. Planting date effects on flowering, seed yield and oil content of rape and crambe cultivars. Industrial Crops and Products 21(3): 293-307.

Aein, A. 2011. Changes in the amount of proline, carbohydrate solution and potassium, zinc and calcium absorption in sesame genotypes. (*Sesamum indicum* L.) under drought stress. Crop Production under Environmental Stress Conditions 4(3): 39-48. (In Persian with English Summary)

Arnon D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in beta vulgaris. Plant Physiology 24: 1-15.

Bai, J., Liu, J., Zhang, N., Sa, R., and Jiang, L. 2013. Effect of salt stress on antioxidant enzymes, soluble sugar and yield of oat. Advance Journal of Food Science and Technology 5(3): 303-309.

Delkhosh, B., Shirani Rad, A.H., Noor Mohammadi, G., and Darvish, F. 2005. Study of drought stress effects on yield and some agronomic and physiological characteristic in rapeseed. Journal of Agricultural Science 11(2): 165-176. (In Persian with English Summary)

Diepenbrock, W. 2000. Yield components of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Field crops Research 67: 35-49.

Din, J., Khan, S.U., Ali, I., and Gurmani, A.R. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. The Journal of Animal and Plant Sciences 21(1): 78-82.

Dubiso, M., Gilles, K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., and Smith, F. 1965. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Annual Chemical 28: 350-356.

Ehteshami, S.M., Tehrani Aref, A., and Samadi, B. 2014. Effect of planting date on some phenological and morphological characteristics, yield and yield components of five rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 109(4): 111-120. (In Persian with English Summary)

El-Din, H., El-Beltagi, S., and Mohamed, A.A. 2010. Variations in fatty acid composition, glucosinolate profile and some phytochemical contents in selected oil seed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. 61(2): 141-150.

Fallah Haki, M.H., Yadavi, A.R., Movahedi Dehnavi, M., and Bonyadi, M. 2012. Effect of planting date on physiologic and morphologic characteristics of four canola cultivars in Yasooj. Journal of Crop Production and Processing 2(4): 53-65. (In Persian with English Summary

Fallah Heki, M.H., Yadavi, A.R., and Movahhedi Dehnavi, M. 2010. Evaluation of oil, protein and grain yield of canola cultivars in different planting date in Yasouj region. Electronic Journal of Crop Production 4(2): 207-222. (In Persian with English Summary)

Fanaei, H.R., Galavi, M., Ghanbari Bongar, A., Solouki, M., and Naruoei-Rad, M.R. 2008. Effect of planting date and seeding rate on grain yield and yield components in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under Sistan conditions. Iranian J ournal Crop Science 10(2): 15-30. (In Persian with English Summary)

Gholipoor, A., Latifi, N., Ghasemi Golezani, K., Aliary, H. and Moghaddam, M. 2004. Comparison of growth and grain yield of rapeseed cultivars under rainfed conditions. Agricultural Journal of Science, Nature Resource 11(1): 5- 13. (In Persian with English Summary)

Hassan-Zade, M., Naderi Darbaghshahi, M.R., and Shirani Rad, A.H. 2005. Evaluation of drought stress effects on yield and yield components of autumn rapeseed varieties in Isfahan region. Iranian Journal of Research in Agriculture 2(2): 51- 62. (In Persian with English Summary)

Jamshidi, N., Shirani rad, A.H., Takhtchin, F., Nazeri, P., and Ghaffari, M. 2012. Evaluation of rapeseed genotypes under drought stress condition. Journal of Crop Ecophysiology 6(3): 323-339. (In Persian with English Summary)

Kauseri, R.H., Athar, U.R., and Ashraf, M. 2006. Chlorophyll fluorescence: A potential indicator for rapid assessment of water stress tolerance in Canola. Pakistan Journal of Botany 38: 1501-1509.

Keerthi, P., Pannu, R.K., Dhaka, A.K. 2017. Effect of sowing dates and nitrogen levels on total dry matter and its partitioning at different growth stages and yield of Indian mustard (*Brassica juncea* L.). Agricultural Science Digest 37(1): 27-31.

Khajepour, M.R. 2001. Industrial plants. Publications Unit, University Jihad of Isfahan, Iran. 571 pages. (In Persion)

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

Khan, F.A., Ali, S., Shakeel, A., Saeed, A., and Abbas, G. 2006. Correlation analysis of some quantitative characters in *Brassica napus* L. Journal of Agriculture Research 44:7-14.

Khan, M.A., Ashraf, M.Y., Mujtaba, S.M., Shirazi, M.U., Khan, M.A., Shereen, A., Mumtaz, S., Aqil Siddiqui, M., and Murtaza Kaleri, G. 2010. Evaluation of high yielding canola type Brassica genotypes/mutants for drought tolerance using physiological indices as screening tool. Pakestan Journal of Botany 42(6): 3807-3816.

Kirkegaard, J.A., Sprague, S.J., Dove, H., Kelman, W.M., Marcroft, S.J., Lieschke, A., Howe, G.N., and Graham, J.M. 2008. Dual-purpose canola-A new opportunity in mixed farming systems. Journal Australian of Agriculture Research 59: 291-302.

Kirkegaard, J.A., Sprague, S.J., Lilley, J.M., McCormick, J.I., Virgona, J.M., and Morrison, M.J. 2012. Physiological response of spring canola (*Brassica napus*) to defoliation in diverse environments. Field Crops Research 125: 61-68.

Molazem, D., Azimi, J., Ghasemi, M., Hanifi, M., and Khatami, A. 2013. Correlation analysis in different planting dates and plant density of canola *(Brassica napus* L.) varieties in Astara Region. Life Science Journal 10(1): 26-31.

Naderi, M.R., Nourmohammadi, G., Majidi, A., Darvish, F., and ShiraniRad, A.M. 2004. Evaluation of the response of three summer safflower varieties to drought stress. Journal of Agriculture Science 4: 14-3. (In Persian with English Summary)

Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. European Journal of Agronomy 19: 453-463.

Parida, A.K., Dagaonkar, V.S., Phalak M.S., and Aurangabadkar, L.P. 2008. Differential response of the enzymes involved in proline biosynthesis and degradation in drought tolerant and sensitive cotton genotypes during drought stress and recovery. Acta Physiologiae Plantarum 30: 619-627.

Pavlista, A.D., Isbell, T.A., Baltensperger, D.D., and Hergert, G.W. 2011. Planting date and development of spring-seeded irrigated canola, brown mustard and camelina. Industrial Crops and Products 33: 451-456.

Pirdashti, H., Tahmasebi Sarvestani Z., and Bahmanyar, M.A. 2009. Comparison of physiological response among four contrast rice cultivars under drought stress conditions. World Academy of Science, Engineering and Technology 49: 52-53.

Rameeh, V. 2014. Evaluation of planting dates effects on growth, phenology and seed yield of spring rapeseed varieties. Oil Plant Production 1(1): 79-89. (In Persian with English Summary)

Sabaghnia, N., Dehghani, H., Alizadeh, B., and Mohghaddam, M. 2010. Interrelationships between seed yield and 20 related traits of 49 canola (*Brassica napus* L.) genotypes in non-stressed and water-stressed environments. Spanish Journal of Agricultural Research 8(2): 356-370.

SAS Institute Inc. 2002. The SAS System for Windows, Release 9.0. Cary, NC, USA: Statistical Analysis Systems Institute.

Sepehri, A., and Golparvar, AR. 2011. The effect of drought stress on water relations, chlorophyll content and leaf area in canola cultivars (*Brassica napus* L.). Electronic Journal of Biology 7(3): 49-53.

Sieling, K., Böttcher, U., and Kage, H. 2017. Sowing date and N application effects on tape root and above-ground dry matter of winter oilseed rape in autumn. European Journal of Agriculture 83:40-46.

Tobe, A., Hokmalipour, S., Jafarzadeh, B., and Hamele Darbandi, M. 2013. Effect of sowing date on some phenological stages and oil contents in spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Middle-East Journal of Scientific Research 13 (9): 1202-1212.

Zhang, H., Berger, J.D., and Milroy, S.P. 2013. Genotype × environment interaction studies highlight the role of phenology in specific adaptation of canola (*Brassica napus*) to contrasting Mediterranean climates. Field Crops Research 144: 77-88.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 261-276

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۲۷۶-۲۶۱

The Effect of Planting Date and Late Season Drought Stress on Eco-Physiological Characteristics of the New Varieties of Canola (*Brassica napus* L.)

P. Nazeri[1], A.H. Shirani Rad*[2], S.A. Valad Abadi[3], M. Mirakhori[4], and E. Hadidi Masoule[3]

Submitted: 09-09-2017
Accepted: 22-02-2018

Nazeri, P., Shirani Rad, A.H., ValadAbadi, S.A., Mirakhori, M., and Hadidi Masoule, E. 2019. The effect of planting date and late season drought stress on Eco-physiological characteristics of the new varieties of Canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agroecology. 11(1):261-276.

Introduction

Development of new canola (*Brassica napus* L.) varieties need effective tools to monitor characterizes association in yield and its components. Although, determination of the response of canola cultivars to environmental variables is one of the principal of agriculture planning to achieve maximum qualitative and quantitative yield. Drought stress and planting date are the most important factor which limit yield production in arid and semiarid regions. Iran is considered as the arid and semiarid with average rainfall of 250 mm. On the other hand, 33% of agricultural land is devoted to dry cultivation. Changing plant date will change yield and product quality by affecting on vegetative and reproductive growth period and balance between them.

Materials and Methods

In order to study the responses of four winter canola cultivars to late season drought stress and different planting dates on physiological, morphology characteristics and yield, a split factorial experiment was carried out in Randomized Complete Block Design with three replication in 2011-2012 in Karaj province. Planting date in two levels, normally sowing dates and delayed planting date and irrigation in two levels, normal and cutting off irrigation from pod stage to next, both in main plot and four cultivars included (Trapper, Makro, Smilla and Agamax) in sub plot. Drought stress was applied by control of irrigation during the pod lengthening stage. Thus, drought was applied by withholding water when the first pod appeared at the beginning of pod filling (April 27th). At this stage, chlorophyll and total sugar solution content was measured as index of drought stress damage. Eleven traits were measured on 10 random plant/plot at physiological maturity stage (June 24th). The traits were plant height, no. of branches/plot, number of pods /plant, pod length, number of seeds/plant,1000-seed weight, seed yield, biomass yield, oil percentage, oil yield and harvest index.

Results and Discussion

The results showed all characteristics except harvest index, significantly ($p\leq0.05$) were influenced by planting date, drought and cultivars. Interaction of sowing date in irrigated was significant in attributes of soluble carbohydrates, plant height, number of pods per plant and oil content. The triple effect was significant only in the concentration of soluble carbohydrates. Due to late planting and irrigation disruption, increasing in soluble carbohydrates and reducing the concentration of chlorophyll was occurred. The yield components of canola decreased because of delays in planting and irrigation disruption which leads to lower grain and canola oil yield. Among cultivars, two cultivars Trapper and Agamax narrowly to each other had better outperformed comparing to Smilla and Marko. Using different sowing dates can change the time of plant growth and development, helping the plant to survive better, under the stress of heat and drought. Water stress along with end of the season delayed planting, reduces yield components and increasing concentrations of soluble carbohydrates. Non-significant interaction effects of planting dates and cultivars for seed and oil yield indicated that yield reduction of the cultivars in late planting dates had similar trend. Drought not only causes dramatic loss of pigments but also leads to disorganization of thylakoid membranes. Therefore reduction in chlorophyll contents is expected.

1 and 3 - Ph.D. Student and Assistant Professor, Agronomy Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islami Azad University, Takestan Branch, Takestan, respectively
2-Professor of Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
4- Ph.D Graduated Student, Agronomy Department, Islami Azad University, Tabriz Branch, Tabriz
(*- Corresponding Author Email: Shirani.rad@gmail.com)
DOI:10.22067/jag.v11i1.67311

The sowing date may influence plant growth that can be attributed to the favorable climatic conditions (rain and temperature).

Conclusion

Correlation between drought tolerance and yield in all cultivars, identify the most suitable indicators for monitoring drought tolerance cultivars. According to these results, Trapper and Agamax can be recommended for semiarid regions due to maximum seed and oil yield among the stress and non-stress condition. Delayed planting decrease seed oil percent, grain and oil yield of Smilla and Makro than the other cultivars.

Keywords: Canola, Chlorophyll, Delayed planting, Yield and component yield, Water deficit