تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۸
۴۲۹-۴۴۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1280.1262

بررسی صفات کیفی ارقام کلزا درکشت‌های پاییزه و زمستانه تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری

حسن قاسمیان اردستانی[۱]، محسن جهان[۲*]، امیرحسین شیرانی‌راد[۳]
۱. دانشجوی دکتری اگرواکولوژی دانشگاه فردوسی مشهد
۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳. استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۲۳

چکیده

کم‌آبی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان به‌حساب می‌آید و در حال حاضر هیچ راه عملی برای افزایش نزولات جوی در طول دوره‌های خشکی وجود ندارد؛ بنابراین، به نظر می‌رسد که بهترین راه مقابله با خشکی، به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب و استفاده از ارقامی است که تحمل بیشتری به خشکی داشته باشند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت ۲ سال (۹۵-۱۳۹۳) در منطقه کرج اجرا شد. در این تحقیق، فصل کشت در دو تاریخ (پائیزه و زمستانه) و آبیاری در سه سطح (آبیاری معمولی یا شاهد، قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل کرت اصلی و ارقام بهاره کلزا شامل جری، جولیوس، ظفر، آرجی اس ۰۰۳، هایولا ۴۸۱۵ و زابل ۱۰ به‌عنوان عامل کرت فرعی در نظر گرفته شدند. بیشترین میانگین اسید لینولئیک در تیمار شاهد و رقم جولیوس، با میانگین ۲۱/۷۷ درصد حاصل شد. نتایج حاکی از آن بود که در تیمار شاهد و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد رقم جولیوس با مقادیر ۶۶/۲۹ و ۶۴/۱۶ درصد بیشترین مقدار اسید اولئیک را نشان داد و در شرایط قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد رقم هایولا ۴۸۱۵ با میانگین ۶۲/۲۶ درصد، بیشترین میانگین را به خود اختصاص داد. اثر سال، فصل کاشت، آبیاری، سال×آبیاری، سال×فصل کاشت×آبیاری، فصل کاشت×آبیاری، رقم، فصل کاشت×رقم، آبیاری×رقم و فصل کاشت×آبیاری×رقم در سطح ۱ درصد و اثر سال×فصل کاشت نیز در سطح ۵ درصد بر عملکرد دانه و روغن معنی‌دار بود. نتایج حاصل از ارزیابی صفات طی دو سال آزمایش مشخص کرد که ارقام جولویس و هایولا ۴۸۱۵ دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری بوده و همچنین رقم هایولا ۴۸۱۵ سازگاری مناسبی نیز به شرایط تنش خشکی داشتند؛ بنابراین، می‌توان ارقام مذکور را به دلیل داشتن عملکرد دانه و عملکرد روغن بالاتر تحت هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش؛ جهت کاشت در مناطقی مشابه منطقه اجرای آزمایش (کرج) که احتمال وقوع تنش رطوبتی در مراحل انتهایی رشد وجود دارد، توصیه نمود. همچنین تاریخ کاشت پاییزه موجب افزایش مقادیر عددی شاخص‌های کیفی کلزا شد.

***واژه‌های کلیدی*: اسید پالمیتیک، اسید لینولئیک، تنش خشکی، کلزا.**

مقدمه

کلزای روغنی (*Brassica napus* L.) مهم‌ترین گونه زراعی جنس براسیکا است و به‌احتمال‌قوی نوع وحشی آن به اروپا و آفریقای شمالی محدود می‌شود (Shiranirad and Dehshiri, 2002). کلزا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی به دلایل متعددی از اولویت خاصی برخوردار بوده و با توجه به نیاز مبرم کشور به تولید دانه‌های روغنی و روغن گیاهی، سطح زیر کشت آن در حال افزایش است. یکی از عوامل بسیار مهم که توسعه سطح زیر کشت و تولید موفقیت‌آمیز گیاه کلزا را در کشور با خطر مواجه می‌سازد، کمبود آب است (Jaberi et al., 2015)، زیرا کم‌آبی از مهم-ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان به‌حساب می-آید و در حال حاضر هیچ راه عملی برای افزایش نزولات جوی

* نگارنده پاسخگو: محسن جهان. پست الکترونیک: jahan@um.ac.ir

در طول دوره‌های خشکی وجود ندارد؛ بنابراین، به نظر می‌رسد که بهترین راه مقابله با خشکی، به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب و استفاده از ارقامی است که تحمل بیشتری به خشکی داشته باشند.

خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است که ۴۰ تا ۶۰٪ اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bary, 1997). بعضی از خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی گیاهان در تحمل به خشکی آن‌ها نقش دارد و از این خصوصیات در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی استفاده می‌شود. خشکی یکی از عمده‌ترین موانع برای تولید موفق محصولات زراعی است. عوامل مختلفی می‌تواند خشکی را ایجاد کند که کمبود آب، پایین بودن رطوبت نسبی هوا، گرما و یخبندان و شوری ازجمله آن‌ها می‌باشند. ترکیب این عوامل منجر به ایجاد انواع خشکی می‌شود. این تنوع خشکی منجر به ایجاد مکانیسم‌های مختلف تحمل در سطوح مختلف موجود زنده (مولکولی، سلولی، اندام و گیاه) می‌گردد (Fathi and Tari, 2016). تنش خشکی در این محصول در دوره‌ی گلدهی اثر منفی روی تشکیل خورجین و اندازه‌ی بذر دارد و نهایتاً منجر به کاهش عملکرد نهایی بذر می‌گردد (Din et al., 2011). درنتیجه بررسی پتانسیل اسمزی در دو ژنوتیپ کلزا گزارش شده است که یک ارتباط مثبت بین پتانسیل اسمزی و عملکرد دانه در دو ژنوتیپ جولیوس و Hyola 4815 وجود دارد. گزارش شده است که تحت شرایط تنش خشکی، نسبت سطح برگ کاهش یافت (Kumar et al., 1998)، روزنه‌ها بسته شدند و کاهش فتوسنتز منجر به تولید بذرهای کوچک‌تر و کاهش وزن هزار دانه گردید (Sadoqut et al., 2003). وجود همبستگی مثبت بین تعداد خورجین در بوته با عملکرد دانه نشان داده است که تعداد کمتر خورجین در هر بوته منجر به عملکرد پایین دانه خواهد شد. بنابراین عملکرد دانه در هر بوته می‌تواند با افزایش تعداد خورجین در بوته افزایش یابد. گزارش شده است که تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه دارد (Sadequt et al., 2003). در این رابطه مطالعات نشان داده است تنش خشکی باعث کاهش وزن دانه و درصد روغن دانه‌ها می‌شود. همچنین در تحقیقی تنش خشکی در سطوح مختلف میزان روغن دانه را نسبت به شاهد کاهش داد، ولی بین سطوح مختلف تنش تفاوت معنی‌داری ازنظر میزان روغن دانه وجود نداشت (Naderi et al., 2004). محققان بیان کردند که تنش خشکی، اسید لینولنیک را ۱۴ درصد کاهش داد، ولی افزایش تنش موجب بالا رفتن درصد اسید لینولئیک شد. نتایج فوق کاملاً با نتایج به‌دست‌آمده با دیگر محققین ازجمله نیلسن و همکاران (Nielsen et al., 2002) در سویا مطابقت دارد. علاوه بر این نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق فاروق و همکاران (Farooqi et al., 2005) نشان داد که با افزایش تنش خشکی درصد اسیدهای چرب غیراشباع کاهش نشان داد. اشرفی و همکاران (Ashrafi et al., 2009) در بررسی خود بیان کردند که محتوای روغن کلزا در ارقامPI ،IL111 و کوسه به ترتیب ۷۳/۳۰، ۶۳/۲۷ و ۲۵/۲۵ درصد تحت شرایط بدون تنش بود. خشکی مقدار اسیدهای پالمیتیک، استئاریک، اولئیک و لینولئیک را به ترتیب ۶۳، ۶۰، ۱۱ و ۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. اسید لینولئیک در رقم‌های کوسه PI و IL111 در شرایط تنش خشکی تنها ۹، ۸ و ۵ درصد کاهش یافت و میزان اسید اولئیک در این رقم‌ها در شرایط تنش خشکی تنها ۱۲، ۹ و ۱۲ درصد کاهش یافت. درحالی‌که مقدار اسید استئاریک در رقم‌های IL111،PI و کوسه در شرایط تنش خشکی به ترتیب ۷۲، ۶۱ و ۳۷ درصد کاهش یافت. همچنین مقدار اسید پالیمیتیک در این رقم‌ها در شرایط تنش خشکی به ترتیب ۶۵، ۵۳ و ۵۱ درصد کاهش یافت. این نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش محتوای روغن و ترکیب اسیدهای چرب در ارقام می‌شود، اما این کاهش عمدتاً در اثر کاهش اسیدهای چرب اشباع است که این امر نشان می‌دهد که کیفیت روغن گلرنگ ممکن است درنتیجه اعمال رژیم‌های آبیاری بهبود یابد.

چنانچه بتوان ارقامی را معرفی کرد که در این شرایط عملکرد اقتصادی قابل قبولی تولید نمایند و همچنین در شدت‌های تنش اعمال‌شده، تحمل به تنش بالاتری داشته باشند، می‌توان تا بیش از ۲۰ هزار هکتار به سطح زیر کشت کلزا در کشور اضافه نمود. ازآنجایی‌که واکنش ارقام بهاره کلزا به شدت‌های مختلف تنش خشکی در هر دو فصل کشت متفاوت خواهد بود، بنابراین لازم است واکنش ارقام بهاره کلزا در رژیم‌های مختلف دمایی و رطوبتی و شدت‌های مختلف تنش خشکی، مورد ارزیابی دقیق و تکمیلی قرار گیرد؛ بنابراین، پژوهش حاضر باهدف ارزیابی صفات کیفی ارقام کلزا تحت تأثیر رژیم‌های مختلف رطوبتی در دو سال پیاپی در شهرستان کرج انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ و ۱۳۹۴-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با مختصات عرض جغرافیایی ۵۰ درجه ۵۵ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۳۵ درجه ۴۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۲۵۴ متر از سطح دریا اجرا شد. بر اساس آمار آب و هوایی و با توجه به منحنی‌های آمبروترمیک، منطقه موردنظر با داشتن ۱۵۰ تا ۱۶۰ و گاهی تا ۲۰۰ روز خشک، جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک، جزء مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود. بر اساس میانگین داده‌های سی‌ساله اخیر اداره هواشناسی کرج، متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۲۴۳ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد. لازم به ذکر است میزان کل بارندگی در طول فصل رشد موردنظر (مهر الی خرداد) ۲۱۸ میلی‌متر بود. فصل کشت در دو سطح (پائیز و زمستان) و آبیاری در سه سطح [آبیاری معمول یا شاهد (۱)، قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد (۲) و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد (۳)] به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل کرت اصلی و ارقام بهاره کلزا شامل RGS003, Zafar, Julius, Jerry, Zabol 10 Hyola 4815 به‌عنوان عامل کرت فرعی در نظر گرفته شدند.

برای محاسبه آب موردنیاز از ابتدای کشت تا هنگام برداشت، داده‌های تبخیر از تشت تبخیر کلاس A یادداشت شد. همچنین با در نظر گرفتن ضریب گیاهی Kc، میزان تبخیر و تعرق مشخص و بر اساس تخلیه رطوبتی و طبق تیمارهای مذکور تا رسیدن رطوبت خاک به حد FC، میزان آب موردنیاز محاسبه و حجم آب موردنیاز هر کرت توسط کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. در کلیه تیمارها جهت تأمین فشار و انرژی موردنیاز از پمپ استفاده شد. قبل از هر آبیاری از عمق مؤثر ریشه نمونه خاک تهیه شد و جهت تعیین درصد رطوبت وزنی به آزمایشگاه ارسال گردید. عمق آب در هر آبیاری برحسب سانتی‌متر به کمک رابطه ۱ محاسبه می‌شد (Masjedi et al., 2008):

$$I = \frac{(\theta_f - \theta)(\rho_b/\rho_w)D}{۱۰۰} \qquad [۱]$$

که در آن t = رطوبت وزنی خاک به هنگام آبیاری، tf = رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت زراعی، ub = چگالی ظاهری خاک، و D = عمق مؤثر ریشه.

حجم آب آبیاری موردنیاز هر کرت به‌وسیله رابطه ۲ برآورد می‌گردید:

$$V = I \times A \times ۱۰۰۰ \qquad [۲]$$

که در آن V = حجم آب آبیاری استفاده‌شده در هر کرت (لیتر)، A = مساحت هر کرت (مترمربع)، و I = ارتفاع آب آبیاری (متر).

بدین ترتیب در سال اول مقدار کل آب مصرفی پاییزه در تیمار آبیاری شماره ۱ معادل ۵۷۶۰ مترمکعب در هکتار، در تیمار آبیاری شماره ۲ معادل ۴۴۸۰ مترمکعب در هکتار و در تیمار آبیاری شماره ۳ معادل ۳۸۴۰ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید. همچنین سطوح آبیاری در سال اول در کاشت زمستانه در تیمار آبیاری ۱ معادل ۴۴۸۰ مترمکعب در هکتار، در تیمار آبیاری ۲ معادل ۳۲۰۰ مترمکعب در هکتار، در تیمار آبیاری ۳ معادل ۲۵۶۰ مترمکعب در هکتار محاسبه شد. در سال دوم مقدار کل آب مصرفی پاییزه در تیمار آبیاری شماره ۱ معادل ۵۶۰۰ مترمکعب در هکتار، در تیمار آبیاری شماره ۲ معادل ۴۴۰۰ مترمکعب در هکتار و در تیمار آبیاری شماره ۳ معادل ۳۷۶۰ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید. همچنین سطوح آبیاری در سال او ل در کاشت زمستانه در تیمار آبیاری ۱ معادل ۴۳۲۰ مترمکعب در هکتار، در تیمار آبیاری ۲ معادل ۳۰۶۰ مترمکعب در هکتار، در تیمار آبیاری ۳ معادل ۲۴۲۰ مترمکعب در هکتار محاسبه شد.

هر کرت آزمایشی به ابعاد ۶×۲ متر و شامل ۶ ردیف ۶ متری بافاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۴ سانتی‌متر بود که ۲ ردیف کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. به‌منظور آماده‌سازی زمین، قبل از اجرای آزمایش، زمین موردنظر آبیاری گردید و پس از گاورو شدن، به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس جهت خرد شدن کلوخه‌ها و همچنین تسطیح خاک مزرعه، زمین مذکور دیسک و ماله زده شد. نتایج تجزیه خاک قبل از اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

در ابتدای کشت، ۵۰ کیلوگرم کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) با خاک مخلوط شد، در مرحله شروع ساقه‌دهی ۱۵۰ کیلوگرم اوره و زمان ظهور اولین غنچه‌های گل ۱۰۰ کیلوگرم اوره در کلیه کرت‌ها به‌صورت نواری در شیارهای ایجادشده

در دو طرف پشته زیر خطوط کشت مورداستفاده قرار گرفت و سپس روی آن با خاک پوشانده شد. علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه به‌وسیله سمپاش پاشیده و به‌وسیله دیسک سبک، با خاک مخلوط گردید. پس از کاشت و سبز شدن و استقرار گیاهچه، کنترل آفات با استفاده از سموم متاسیستوکس (۱/۵ لیتر در هکتار) صورت پذیرفت. تعیین ترکیب اسیدهای چرب به‌وسیله طیف‌سنجی گازی و با استفاده از استرهای متیلیک آن‌ها صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری درصد روغن دانه‌ها از هر کرت آزمایشی حدود سه گرم بذر تهیه شد و با دستگاه NMR مدل Mq20 مشخص گردید. این دستگاه بر اساس القای مغناطیسی هسته‌اتم هیدروژن کارکرده و یک روش اسپکترومتری است. از امتیازات این روش، تخریبی بودن آن است که باعث سرعت و دقت بالا در اندازه‌گیری روغن دانه‌ها می‌شود. القای مغناطیسی نسبتاً قوی خارجی توسط امواج رادیویی پالسی صورت می‌گیرد. بدین‌صورت که با قرار دادن سه گرم نمونه آسیاب شده در یک میدان مغناطیسی خارجی، سطوح انرژی پروتون‌های موجود در نمونه که در خارج از میدان هم‌عرض بودند، از یکدیگر تفکیک‌شده و با جذب انرژی ارسال‌شده توسط امواج رادیویی، پروتون‌های سطوح پایین به سطوح بالا برانگیخته می‌شوند. میزان جذب انرژی رادیویی موردسنجش قرارگرفته و به میزان روغن دانه ارتباط داده می‌شود. ایجاد این ارتباط با استفاده از تعدادی از نمونه شاهد انجام‌گرفته و با استفاده از محاسبات آماری و معادلات رگرسیونی، درصد روغن نمونه‌های مجهول مورد ارزیابی قرار گرفت. از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه در هکتار، عملکرد روغن در هکتار محاسبه شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil Physical and chemical properties of the experimental field

SP (%)	**اشباع**	36	**Clay (%)**	**رس (٪)**	27
EC (dS/m)	**هدایت الکتریکی خاک**	2.22	**Silt (%)**	**سیلت (٪)**	49
pH	**واکنش گل اشباع**	7.24	**Sand (%)**	**شن (٪)**	24
T.N.V	**مواد خنثی شونده**	10	**Fe (ppm)**	**آهن (ppm)**	5.02
O.C (%)	**کربن آلی**	0.58	**Zn (ppm)**	**روی (ppm)**	0.32
N total (%)	**نیتروژن کل**	0.06	**Cu (ppm)**	**مس (ppm)**	1.47
P (ppm)	**فسفر قابل‌جذب**	12.6	**Mn (ppm)**	**منگنز (ppm)**	23.74 (بالاتر از حد مطلوب)
K (ppm)	**پتاسیم قابل‌جذب**	256	**B (ppm)**	**بُر (ppm)**	1
Texture	**بافت**	سیلتی لومی			

روش تهیه متیل استر اسیدهای چرب (ISO 5509): پس از استخراج روغن به روش سوکسله، ۰,۵-۰,۷۵ گرم روغن داخل بالون ۱۰۰ سی‌سی وزن نموده و ۸ سی‌سی هیدروکسید سدیم متانولی به همراه سنگ جوش به بالون اضافه شد. پس از اتصال مبرد محتوی بالون تا ناپدید شدن قطرات چربی در زیر مبرد جوشانیده شد. در طی مدت صابونی کردن، به مدت چند دقیقه نیتروژن از محلول عبور داده شد. ۹ سی‌سی محلول BF3 متانولی از بالای مبرد به مایع جوشان اضافه شد و ۲ دقیقه دیگر جوشش ادامه یافت. ۷ سی‌سی هپتان از بالای مبرد به مخلوط در حال جوش افزوده، پس از یک دقیقه اجاق را خاموش کرده تا دمای محتویات بالون به دمای اتاق برسد. سپس مبرد را برداشته و مقداری محلول کلرید سدیم اشباع اضافه شد و بالون را چندین بار به‌صورت دورانی تکان داده. سپس مقدار بیشتری کلرید سدیم اشباع افزوده شد تا سطح مایع به گردن بالون برسد. حدود ۱ سی‌سی از لایه بالایی را به لوله‌آزمایش منتقل کرده و سولفات سدیم بدون آب اضافه شد تا آب باقیمانده حذف گردد. این محلول حاوی حدود ۱۰۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر استرهای متیل بوده و می‌توان آن را مستقیماً به گاز کروماتوگراف تزریق نمود.

روش آزمون نمونه استری‌شده با دستگاه گاز کروماتوگراف: گاز کروماتوگراف مورداستفاده در این طرح دستگاه Varian cp-3800 بود. ستون بکار گرفته‌شده از نوع

مویین یا کاپیلاری ویژه متیل استر اسیدهای چرب است. گاز حامل نیتروژن و گازهای کمکی هیدروژن و هوا هر یک با خلوص بسیار بالا می‌باشند. سیستم تزریق از نوع اسپلیت-اسپلیتلس، دمای انژکتور ۲۵۰، دمای ستون ۱۷۵، دمای آشکارساز ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و آشکارساز از نوع FID (Flame Ionization Detector) بود. میزان گلوکوزینولات دانه کلزا با استفاده از دستگاه (Hplc chromatography High performance liquid) اندازه‌گیری شد.

برای انجام تجزیه واریانس مرکب از نرم‌افزار آماری SAS Ver:9 استفاده شد و به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث

اسید پالمیتیک

تیمارهای موردمطالعه تأثیر معنی‌داری بر میزان اسید پالمیتیک داشتند، به‌نحوی‌که اثر اصلی سال، آبیاری، رقم، فصل کاشت؛ اثر متقابل سال×آبیاری، آبیاری×رقم در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین فصول کاشت بیشترین میزان به فصل کاشت پاییز به میزان ۵/۱۸ درصد نسبت به کشت زمستانه اختصاص داشت (جدول ۳). اعمال قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد به ترتیب موجب کاهش ۱۲ و ۲۵ درصدی اسید پالمیتیک نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳). در بین ارقام موردمطالعه بیشترین مقادیر شامل ۵/۲۹، ۵/۲۶ و ۵/۲۴ درصد به ارقام زابل ۱۰، جولیوس و هایولا ۴۸۱۵ اختصاص داشتند (جدول ۳). اثر متقابل رقم با آبیاری حاکی از آن بود که در تیمار شاهد و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد، میزان اسید پالمیتیک به ترتیب ۶/۱۶ درصد و ۵/۴۸ درصد به رقم جولیوس اختصاص داشت و با قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد رقم هایولا ۴۸۱۵ با میانگین ۴/۶۴ درصد بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

در ارزیابی تحمل به خشکی در گیاه سویا بیشترین تأثیر ناشی از تنش خشکی مربوط به صفت اسید پالمتیک و اسید اولئیک بود، که در این پژوهش نیز با افزایش تنش خشکی، این صفات نیز از خود کاهش نشان دادند (Zare, 2004). اثرات تنش خشکی در گیاهان مختلف یکسان نیست و نوع، رقم و مرحله‌ی رشد گیاه در میزان صدمات وارده به گیاه، نقش تعیین‌کننده‌ای دارد (Nourmohammadi, 2004).

اسید لینولنیک

بر اساس تجزیه واریانس انجام‌شده مشخص گردید که اثر اصلی سال، فصل کاشت، آبیاری؛ و اثر متقابل آبیاری×رقم در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان اسید لینولنیک معنی‌دار بود. همچنین اثر رقم بر این صفت در سطح ۵ درصد معنادار بود (جدول ۲). اسید لینولنیک در سال اول از افزایش ۷/۵ درصدی نسبت به سال دوم برخوردار بود. در بین فصول کاشت بیشترین میانگین به فصل کاشت زمستانه به میزان ۶ درصد اختصاص داشت. قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد به ترتیب موجب کاهش ۲۸ و ۵۶ درصدی اسید لینولنیک گردید. در بین ارقام موردمطالعه، بیشترین مقادیر شامل ۶/۱۷، ۶/۱۵ و ۶/۱۴ درصد به ارقام جری، RGS003 و ظفر اختصاص داشتند (جدول ۳). اثر متقابل رقم با آبیاری حاکی از آن بود که در تیمار شاهد و رقم RGS003، قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و رقم جولیوس و در تیمار قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد و رقم ظفر به ترتیب با ۴/۹۲، ۶/۳۵ و ۷/۷۶ درصد؛ بیشترین محتوای اسید لینولنیک دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

افزایش در محتوای اسیدهای چرب اشباع در بادام‌زمینی در شرایط تنش خشکی توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Dwivedi et al., 2003)؛ اما در مقابل اشرفی و رزم‌جو (Ashrafi and Razmjoo, 2010) در نتایج بررسی خود اظهار داشتند که میزان اسید لینولنیک و پالمیتیک در روغن دانه گلرنگ تحت تنش آب کاهش معنی‌داری داشت. با افزایش شدت تنش خشکی میزان متابولیت‌های ثانویه افزایش می‌یابد. همچنین در فصل کاشت زمستانه به دلیل برخورد گیاه به فصل تابستان احتمالاً مقدار این‌گونه اسیدهای چرب افزایش می‌یابد.

اسید لینولئیک

نتایج نشان داد که اثر اصلی سال، آبیاری در سطح ۱ درصد و اثر رقم در سطح ۵ درصد بر میزان اسید لینولئیک معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین انجام‌شده مشخص گردید که اسید لینولئیک در سال دوم از افزایش ۴ درصدی نسبت به سال اول برخوردار بود. همچنین اعمال قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد به ترتیب موجب کاهش ۹ و ۱۸ درصدی اسید لینولئیک گردید. در بین ارقام، بیشترین میزان به مقدار

۱۹/۳۰ درصد به ارقام زابل ۱۰ و جولیوس اختصاص داشتد و ارقام جری و RGS003 با میانگین ۱۸/۵ درصد، کمترین میزان اسید لینولئیک را داشتند (جدول ۳).

فرهادی و همکاران (Farhadi et al., 2012) بیان کردند که در مطالعه آن‌ها، وجود ۱۵ اسید چرب در روغن کرچک مشخص شد که بیشترین اسید چرب، اسید ریسینولئیک بود. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که ترکیب اسیدهای چرب روغن کرچک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، برای حصول عملکرد بالا روغن در گیاه کرچک، تاریخ کاشت ۱۵ فروردین برای منطقه موردمطالعه و مناطق مشابه، با تکرار آزمایش توصیه شد.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات موردمطالعه کلزا در پاسخ به تیمارهای آزمایشی

Table 2. Analysis of variance of traits studied by rapeseed in response to experimental treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	اسید پالمیتیک Palmitic acid	اسید لینولنیک Linolenic acid	اسید لینولئیک Linoleic acid	اسید اولئیک Oleic acid	اسید اروسیک Erosic acid
سال Year	1	9.5424**	1.2105**	25.5441**	18.0729^{ns}	0.00601**
سال×تکرار Year*Rep	2	0.2622*	0.2441^{ns}	1.2740^{ns}	3.0115^{ns}	0.000139^{ns}
فصل کاشت Season	1	0.4356*	1.2589**	2.9121^{ns}	3.0199^{ns}	0.00666**
سال×فصل کاشت Year* Season	1	0.0054^{ns}	0.0004^{ns}	0.0008^{ns}	0.0067^{ns}	0.000067^{ns}
آبیاری Irrigation	2	41.39**	123.151**	263.76**	277.526**	0.62057**
سال×آبیاری Year* Irrigation	2	0.7137**	0.0270^{ns}	0.2714^{ns}	0.6400^{ns}	0.000689^{ns}
سال×فصل کاشت×آبیاری Year*Season* Irrigation	2	0.0091^{ns}	0.0078^{ns}	0.0068^{ns}	0.0059^{ns}	0.000006^{ns}
فصل کاشت×آبیاری Season * Irrigation	2	0.0463^{ns}	0.0860^{ns}	0.2640^{ns}	0.2175^{ns}	0.000406^{ns}
تکرار×(فصل کاشت×آبیاری) Rep (Season* Irrigation)	10	0.7125**	0.8666**	2.3251^{ns}	11.7371^{ns}	0.0020**
رقم Variety	5	0.7736*	2.2436**	4.8512*	5.0810^{ns}	0.0124**
سال×رقم Year* Variety	5	0.0194^{ns}	0.0154^{ns}	0.0186^{ns}	0.0258^{ns}	0.000129^{ns}
فصل کاشت×رقم Variety * Season	5	0.0164^{ns}	0.0265^{ns}	0.0959^{ns}	0.0957^{ns}	0.000297^{ns}
سال×فصل کاشت×رقم Year*Variety * Season	5	0.0012^{ns}	0.0035^{ns}	0.0029^{ns}	0.0012^{ns}	0.000012^{ns}
آبیاری×رقم Variety * Irrigation	10	0.4934*	1.5024**	3.4067^{ns}	3.5664^{ns}	0.008791**
سال×آبیاری×رقم Year* Irrigation* Variety	10	0.0146^{ns}	0.0175^{ns}	0.0097^{ns}	0.0194^{ns}	0.000221^{ns}
فصل کاشت×آبیاری×رقم Variety *Season* Irrigation	10	0.0117^{ns}	0.0310^{ns}	0.0712^{ns}	0.0697^{ns}	0.000189^{ns}
سال×فصل کاشت×آبیاری×رقم Year*Variety *Season* Irrigation	10	0.0019^{ns}	0.0035^{ns}	0.0015^{ns}	0.0015^{ns}	0.000011^{ns}
خطا Error	130	0.0821	0.1278	1.8849	6.5646	0.000334

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد؛ **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ ns: غیر معنی‌دار.

*: Significant at 5%. **: Significant at 1%. ns: Non-significant.

جدول ۲. ادامه

Table 2.Continued

S.O.V منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میزان گلوکوزینولات دانه Seed glucosinolate content	عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن دانه Amount of seed oil	عملکرد روغن دانه Seed oil yield
سال Year	1	23.98**	7609883**	59.46**	1957007**
سال×تکرار Year*Rep	2	0.1595ns	73900ns	1.15ns	45901**
فصل کاشت Season	1	7.5600*	129420540**	1.01ns	23289340**
سال×فصل کاشت Year* Season	1	0.0148ns	157302*	0.02ns	48540*
آبیاری Irrigation	2	825.80**	104134310**	89.47**	20725387**
سال×آبیاری Year* Irrigation	2	1.9674ns	674722**	3.31ns	205391**
سال×فصل کاشت×آبیاری Year*Season* Irrigation	2	0.0092ns	609027 ns	0.03ns	100787**
فصل کاشت×آبیاری Season * Irrigation	2	0.7511ns	6989735**	0.09ns	1387634**
تکرار×(فصل کاشت×آبیاری) Rep (Season* Irrigation)	10	0.8309ns	67142.40 ns	15.10*	21775*
رقم Variety	5	13.64**	1867638**	1.85ns	382190**
سال×رقم Year* Variety	5	0.125ns	7057.20 ns	0.04ns	1277ns
فصل کاشت×رقم Variety * Season	5	0.4177ns	1454807**	0.02ns	255265**
سال×فصل کاشت×رقم Year*Variety * Season	5	0.0103ns	4542.40ns	0.01ns	996ns
آبیاری×رقم Variety * Irrigation	10	8.0432**	327360**	1.34ns	75846**
سال×آبیاری×رقم Year* Irrigation* Variety	10	0.0641ns	28114.5ns	0.05ns	4366ns
فصل کاشت×آبیاری×رقم Variety *Season* Irrigation	10	0.2018ns	306414**	0.02ns	53535**
سال×فصل کاشت×آبیاری×رقم Year*Variety *Season* Irrigation	10	0.0059ns	21703.6ns	0.01ns	3774ns
خطا Error	130	1.1439	40171.40	7.76	9212

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد؛ **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ ns: غیر معنی‌دار.

*: Significant at 5%. **: Significant at 1%. ns: Non-significant

رحیمی و نورمحمدی (Rahimi and Normmohamadi, 2010) در بررسی خود بیان کردند که تاریخ کاشت اول با ۳۸/۵۲ درصد بیشترین و تاریخ کاشت پنجم با ۵۸/۵۰ درصد کمترین اسید چرب لینولنیک در کتان دانه‌ای را تولید کرد. آن‌ها همچنین بیان کردند که تاریخ کاشت بر اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک اثر معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان اسید چرب لینولنیک (۶۴/۵۲ درصد) و اسید چرب لینولئیک (۳۶/۱۵ درصد) درنتیجه مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و بیشترین میزان اسید اولئیک (۵۹/۲۰ درصد) بدون مصرف کود نیتروژن به دست آمد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات ساده عامل‌های آزمایشی (فصل کاشت و رقم) بر برخی صفات کیفی کلزا طی دو سال آزمایش

Table 3. Comparison of mean simple effects of experimental factors (planting season and cultivar) on some canola quality traits in two years of experiment

	اسید پالمیتیک Palmitic acid (%)	اسید لینولنیک Linolenic acid (%)	اسید لینولئیک Linoleic acid (%)	اسید اولئیک Oleic acid (%)	اسید اروسیک Erosic acid (%)	میزان گلوکوزینولات دانه Seed glucosinolate content (mf/g.dry matter)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	درصد روغن دانه Amount of seed oil (%)	عملکرد روغن دانه Seed oil yield (kg/ha)
سال ۱ Year 1	4.927[b]	6.003[a]	18.562[b]	63.16[b]	0.32[a]	12.593[a]	2628.4[b]	41.303[b]	1093.463[b]
سال ۲ Year 2	5.347[a]	5.853[b]	19.25[a]	63.739[a]	0.309[b]	11.926[b]	3003.8[a]	42.353[a]	1283.833[a]
کشت پاییزه Autumn planting	5.182[a]	5.852[b]	19.022[a]	63.568[a]	0.309[b]	12.073[b]	3590.2[a]	41.896[a]	1517.1[a]
کشت زمستانه Winter planting	5.092[b]	6.005[a]	18.79[a]	63.331[a]	0.32[a]	12.447[a]	3231.1[b]	41.759[b]	860.287[b]
RGS003	5.007[a]	6.146[a]	18.568[b]	63.096[a]	0.332[a]	12.869[a]	2042.1[b]	41.625[a]	1087.889[c]
Zafar	5.026[b]	6.141[a]	18.638[ab]	63.166[a]	0.329[a]	12.579[a]	2634.2[bc]	41.674[a]	1123.361[c]
Julius	5.268[a]	5.697[b]	19.301[a]	63.82[a]	0.296[c]	11.609[b]	3033.5[ab]	42.079[a]	1291.58[c]
Jerry	4.981[b]	6.174[a]	18.532[b]	63.076[a]	0.333[a]	12.947[a]	2664.9[b]	41.593[a]	1080.7[c]
Zabol 10	5.295[a]	5.653[b]	19.303[a]	63.866[a]	0.293[d]	11.603[b]	3074.0[a]	42.086[a]	1304.1[a]
Hyola 4815	5.246[a]	5.758[b]	19.093[ab]	63.674[a]	0.306[b]	11.951[b]	2580.9[c]	41.909[a]	1244.1[b]

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters in each column, show non- significant difference according to Duncan multiple range tests at 5% level.

اسید اولئیک

نتایج نشان داد که اثر اصلی آبیاری و اثر متقابل قطع آبیاری و رقم بر میزان اسید اولئیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اعمال قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد به ترتیب موجب کاهش ۳ و ۶ درصدی اسید اولئیک نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳).

اثر آبیاری تکمیلی در مراحل انتهایی فصل بر میزان اسید اولئیک و اسید لینولئیک آفتابگردان معنی‌دار بود (Falagel et al., 2002). طی پژوهشی با هدف بررسی اثر تنش بر ارقام کلزا، معلوم گردید که تنش در مقایسه با آبیاری معمول باعث کاهش حدود ۱۲ درصدی اسیدهای چرب ازجمله اسید لینولئیک و اسید اولئیک شد (Mohammad et al., 2007). کریمی کاخکی و همکاران (Karimi kakhak et al., 2002) عنوان کردند که اثر آبیاری و رقم بر درصد اسید اولئیک آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برخی محققان، افزایش اسید اولئیک آفتابگردان را به میزان ۲/۶ درصد در شرایط بدون آبیاری نسبت به شرایط آبیاری کامل گزارش کردند (Falagel et al., 2002).

اسید اروسیک

نتایج نشان داد که اثر اصلی سال، فصل کاشت، آبیاری، رقم، و اثر متقابل آبیاری×رقم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). میزان اسید اروسیک دانه در سال اول از افزایش ۴ درصدی نسبت به سال دوم برخوردار بود. در بین فصول کاشت بیشترین میانگین به فصل کاشت زمستانه به مقدار ۰/۳۲ درصد اختصاص داشت. اعمال قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد، به ترتیب موجب کاهش ۴۵ و ۸۴ درصدی اسید اروسیک گردید (جدول ۳). اثر متقابل رقم با آبیاری حاکی از آن بود که در تیمار شاهد و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد، رقم جری با مقادیر ۰/۲۵ و ۰/۳۴ درصد و در شرایط قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد رقم ظفر با میانگین ۰/۴۴ درصد بیشترین میزان اسید اروسیک را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

خشکی موجب کاهش معنی‌دار محتوای کل اسیدهای چرب و ترکیب اسیدهای چرب تحت کمبود شدید آب می‌شود (Laribi et al., 2009) این موضوع می‌تواند به دلیل کاهش میزان اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک هم‌جهت با

افزایش اسیدهای چرب پالمیتیک و استئارئیک باشد. به نظر می‌رسد که با افزایش شدت تنش خشکی، رشد گیاه کاهش‌یافته که این کاهش رشد روی مواد منتقل‌شده به دانه‌ها مؤثر است و درنهایت روی اسیدهای چرب مانند اسید اروسیک تأثیر گذاشته و موجب کاهش آن می‌شود.

میزان گلوکوزینولات دانه

نتایج نشان داد که اثر اصلی سال، آبیاری، رقم؛ و اثر متقابل آبیاری×رقم در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اصلی فصل کاشت در سطح احتمال ۵ درصد، تأثیر معنی‌داری بر میزان گلوکوزینولات دانه داشتند (جدول ۲). در سال اول میزان گلوکوزینولات دانه بیشتری نسبت به سال دوم حاصل شد. در بین فصول کاشت، بیشترین میزان به فصل کاشت زمستانه به مقدار ۱۲/۴۴ میلی‌گرم در گرم دانه اختصاص داشت (جدول ۳). اعمال قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد به ترتیب موجب افزایش ۴۰ و ۷۶ درصدی میزان گلوکوزینولات دانه نسبت به تیمار شاهد گردید. در بین ارقام موردمطالعه بیشترین میزان گلوکوزینولات دانه به ارقام جری، RGS003 و ظفر به ترتیب به میزان ۱۲/۹۴، ۱۲/۸۶ و ۱۲/۵۷ میلی‌گرم در گرم اختصاص داشت (جدول ۳). اثر متقابل رقم با قطع آبیاری حاکی از آن بود که بیشترین میزان گلوکوزینولات دانه تیمار شاهد و در تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به رقم جری اختصاص داشت و در تیمار قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد رقم ظفر با میانگین ۱۶/۴۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک دانه بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

جدول ۴. اثرات متقابل دوگانه سطوح قطع آبیاری و رقم بر برخی صفات کلزا

Table 4. Interaction effects of irrigation and cultivar discontinuation levels on some canola traits

سطوح قطع آبیاری Level of stop irrigation	رقم cultivar	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	عملکرد روغن دانه Seed oil yield (kg/ha)	اسید پالمیتیک Palmitic acid (%)	اسید لینولنیک Linolneic acid (%)	اسید اروسیک Erosic acid (%)	میزان گلوکوزینولات دانه Seed glucosinolate content (mf/g.dry matter)
شاهد Control	RGS003	3773.5^{d}	1607.2^{d}	5.704^{bc}	4.925^{g}	0.249^{h}	9.703^{h}
	Zafar	4046.8^{c}	1742.58^{c}	5.94^{ab}	4.511^{h}	0.211^{i}	8.463^{i}
	Julius	4571.4^{a}	1993.2^{a}	6.167^{a}	4.12^{i}	0.174^{k}	7.478^{j}
	Jerry	3690.1^{d}	1569^{d}	5.658^{c}	5.012^{g}	0.253^{h}	9.897^{h}
	Zabol 10	4319.0^{b}	1876.2^{b}	6.081^{a}	4.243^{hi}	0.188^{j}	7.775^{ij}
	Hyola 4815	4020.2^{c}	1719.5^{c}	5.732^{bc}	4.869^{g}	0.245^{h}	9.542^{h}
قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد After chilling stage stop irrigation	RGS003	2472.4^{g}	1030.3^{g}	4.995^{ef}	6.231^{d}	0.336^{de}	12.986^{de}
	Zafar	2529.2^{g}	1054.1^{g}	5.043^{ef}	6.147^{d}	0.332^{e}	12.81^{de}
	Julius	2781.1^{f}	1173.9^{f}	5.481^{cd}	5.396^{f}	0.285^{g}	11.049^{g}
	Jerry	2480.8^{g}	1031.5^{g}	4.882^{fg}	6.354^{d}	0.346^{d}	13.358^{d}
	Zabol 10	3066.1^{e}	1281.7^{e}	5.241^{de}	5.859^{e}	0.311^{f}	12.261^{ef}
	Hyola 4815	2904^{f}	1219.2^{ef}	5.359^{d}	5.667^{ef}	0.303^{fg}	11.867^{fg}
قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد After flowering stage stop irrigation	RGS003	1534.5^{j}	626.0^{jk}	4.323^{ijk}	7.282^{b}	0.411^{b}	15.917^{a}
	Zafar	1418.5^{j}	573.3^{k}	4.095^{k}	7.767^{a}	0.443^{a}	16.456^{a}
	Julius	1746.3^{i}	707.5^{ij}	4.157^{jk}	7.576^{a}	0.43^{a}	16.301^{a}
	Jerry	1571.7^{j}	641.6^{jk}	4.403^{ij}	7.156^{b}	0.4^{b}	15.585^{ab}
	Zabol 10	1836.7^{hi}	754.4^{hi}	4.563^{hi}	6.855^{c}	0.379^{c}	14.77^{bc}
	Hyola 4815	1927.6^{h}	793.7^{jh}	4.647^{gh}	6.738^{c}	0.37^{c}	14.44^{c}

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters in each column, show non- significant difference according to Duncan multiple range tests at 5% level.

مدرس ثانوی و همکاران (Modares Sanavi et al., 2012) بیان کردند که تنش خشکی و رقم و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر میزان گلوکوزینولات دانه دارد. همچنین در بین ارقام هایولا ۴۰۱ کمترین میزان گلوکوزینولات (۱۹/۹ میکرومول بر گرم) را داشت. این محققان بیان کردند که میزان گلوکوزینولات تحت تنش افزایش می‌یابد. زمانی که دانه‌ها در حال پر شدن هستند و گیاه با تنش کم‌آبی مواجه است میزان گلوکوزینولات بافت‌های رویشی و خصوصاً میزان گلوکوزینولات خورجین توزیع مجدد یافته و وارد دانه‌ها می‌شود.

عملکرد دانه

اثر اصلی سال، فصل کاشت، آبیاری و اثر متقابل سال×آبیاری، فصل کاشت×آبیاری، فصل کاشت×رقم، آبیاری×رقم و فصل کاشت×آبیاری×رقم در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل سال×فصل کاشت نیز در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). عملکرد دانه در سال دوم از افزایش ۱۴ درصدی نسبت به سال اول برخوردار بود که احتمالاً به علت افزایش جزئی بارندگی در سال دوم بوده است (جدول ۳). در بین فصول کاشت، بیشترین میزان به فصل کاشت پاییزه به میزان ۳۵۹۰ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (جدول ۳). اعمال قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد به ترتیب موجب کاهش ۳۳ و ۵۸ درصدی عملکرد دانه گردید (جدول ۳). در بین ارقام موردمطالعه بیشترین عملکرد دانه شامل ۳۰۷۴ و ۳۰۳۲ کیلوگرم در هکتار به ارقام زابل ۱۰ و جولیوس اختصاص داشتند (جدول ۳). در بررسی اثر متقابل سال با فصل کاشت نیز مشخص شد که بیشترین میزان عملکرد دانه به مقدار ۳۸۰۴ کیلوگرم در هکتار به کاشت در سال دوم و فصل کاشت پاییزه اختصاص داشت (جدول ۵). اثر متقابل رقم با قطع آبیاری حاکی از آن بود که تیمار شاهد و رقم جولیوس با مقدار ۴۵۷۱ کیلوگرم در هکتار و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و رقم زابل ۱۰ با مقدار ۳۰۶۶ کیلوگرم در هکتار و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد و رقم هایولا ۴۸۱۵ با مقدار ۱۹۲۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین میانگین‌ها را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

حسن‌زاده و همکاران (Hassanzadeh et al., 2006) در پژوهش خود مشاهده کردند که قطع آبیاری (تنش خشکی) موجب کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد و عملکرد روغن گردید. قلی پور و همکاران (Gholipour et al., 2005) و کرمی‌چمه و همکاران (Karami Chame et al., 2016) اظهار داشتند هنگامی‌که در مرحله رشد خورجین‌ها با کمبود آب مواجه گردند، انتقال مواد غذایی به دانه‌ها تقلیل یافته و عملکرد کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش تعداد و اندازه خورجین‌ها است. دادیور و خودشناس (Dadivar and Khodshenas, 2007) کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی را متأثر از کاهش اجزای عملکرد ازجمله تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، ارتفاع بوته و وزن ماده خشک دانستند.

روبرتسون و هولند (Robertson and Holland, 2004) اثر تنش خشکی بر گیاه زراعی را تابعی از ژنوتیپ، شدت و مدت تنش، شرایط آب و هوایی و مراحل نموی گزارش کردند. احمدی و بحرانی (Ahmadi and Bohrani, 2009) بیان داشتند که عملکرد کلزا می‌تواند به‌وسیله دوره‌های نسبتاً کوتاهی از کمبود آب و رطوبت خاک در خلال مرحله زایشی محدود شود. انگادی و همکاران (Angadi et al., 2003) نیز گزارش نمودند که کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی در مرحله رشد طولی ساقه و گلدهی، عمدتاً مربوط به کاهش تعداد غلاف‌ها در بوته و در مرحله پر شدن دانه، عمدتاً از طریق کاهش وزن دانه صورت گرفت. کمبود آب در خلال گل‌دهی یکی از محدودکننده‌ترین عوامل مؤثر بر رشد دانه است و می‌تواند بر ترکیب اسیدهای چرب و درصد روغن اثرگذار باشد (Bouchereau et al., 1996).

در بین ارقام موردبررسی نیز ازلحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت و از طرفی ارقام در شرایط آبیاری مختلف عملکرد متفاوتی نشان دادند، به‌طوری‌که در شرایط آبیاری طبیعی، رقم جولیوس بیشترین عملکرد دانه به میزان به مقدار ۴۵۷۱/۴ کیلوگرم در هکتار را تولید کرد، اما در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد بیشترین میزان به مقدار ۳۰۶۶/۱ کیلوگرم در هکتار به رقم زابل ۱۰ اختصاص داشت و درنهایت در شرایط قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد رقم هایولا ۴۸۱۵ بیشترین میزان به مقدار ۱۹۲۷/۶ کیلوگرم در هکتار را از خود نشان داد. فولادوند و همکاران (Foladvand et al., 2017) اثر معنی‌دار تاریخ کاشت بر چند نوع گیاه زراعی را گزارش کردند.

تغییر در تاریخ کاشت می‌تواند زمان رشد و نمو کلزا را تغییر داده و از بروز اثرات منفی تنش رطوبتی و حرارتی در مراحل بحرانی گیاه جلوگیری کند (Chen et al., 2003).

در آزمایشی با تأخیر درکشت ارقام بهاره، کاهش عملکردی معادل ۴۳ تا ۶۳ درصد گزارش شده است (Chen et al., 2003). در آزمایش دیگری بیلس باور و نارتون (Bilsborrow and Narton. 1991) نیز نشان دادند که تاریخ کاشت زودتر از موقع کلزای پائیزه سبب شد تا گیاه قبل از شروع زمستان، رشد اولیه خود را سپری کند و از حالت روزت خارج گردد. در این وضعیت گیاه دچار سرمازدگی و آسیب گردید؛ بنابراین، در تاریخ کاشت مناسب، گیاه می‌تواند به‌خوبی رشد کرده و استقرار یابد و درنتیجه به وجود آوردن سطح برگ مطلوب برای استفاده از نور خورشید و همچنین سیستم ریشه قوی، به‌خوبی زمستان را سپری کند.

نتایج آزمایش‌های کشت رقم‌های بهاره کلزا در مناطق معتدل سرد (همانند کرج، اصفهان، مشهد و نیشابور) نشان داد که رقم‌ها و هیبریدهای بهاره درکشت معمول منطقه عملکرد بالایی دارند. مطالعه نتایج یک ماه کشت تأخیری در این مناطق نیز نشان داد که رقم‌ها و هیبریدهای بهاره برتر بودند (Asadi et al., 2006). با توجه به رشد سریع‌تر رقم‌های بهاره و مقاومت نسبتاً بالای آن‌ها به سرما و همچنین برداشت حداقل ۱۰ روز زودتر نسبت به رقم‌های زمستانه، می‌توان از آن‌ها در مناطق معتدل گرم و یا سرد (که بهار گرم‌تری دارند) درکشت معمول و یا کشت تأخیری استفاده کرد (Shiranirad et al., 2007). متوسط کاهش عملکرد دانه در رقم زمستانه اکاپی با یک ماه تأخیر درکشت در سه منطقه کرج، اصفهان و مشهد، ۳۲ درصد بود؛ درحالی‌که این کاهش در هیبرید بهاره هایولا ۴۰۱ و رقم بهاره RGS 003 به ترتیب ۱۵ و ۱۰ درصد مشاهده گردید (Shiranirad et al., 2007).

درصد روغن دانه

اثر اصلی آبیاری و سال در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). درصد روغن دانه در سال دوم از افزایش ۲/۵ درصدی نسبت به سال اول برخوردار بود. قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد، به ترتیب موجب کاهش ۲ و ۵ درصدی میزان روغن دانه نسبت به تیمار شاهد گردید.

در این رابطه تناقضات فراوانی در بین نتایج محققان وجود دارد. برخی محققین (طاووسی، (Tavoosi, 2007)، دلخوش (Delkhosh, 2007) و اسنکی و همکاران (Snaki et al., 2007)) در خصوص تأثیر تنش خشکی بر کلزا و گلرنگ گزارش نموده‌اند که میزان روغن دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و گزارش نمودند که تنش خشکی درصد روغن دانه را ۲۰ درصد نسبت به شرایط معمول کاهش داد. احمدی و بحرانی (Ahmadi and Bohrani, 2009) نیز نشان دادند که رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد روغن و پروتئین تأثیر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که عملکرد روغن در رژیم قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی ۴۵ درصد کاهش یافت. تقریباً همه گونه‌های گیاهی به تنش خشکی واکنش تحملی نشان می‌دهند، اما میزان این تحمل در بین گونه‌ها و حتی ارقام داخل هرگونه متفاوت است (Larcher, 2003).

کاشت دیرهنگام معمولاً موجب کاهش درصد روغن می‌شود (Hocking and Stapper, 2001). مصرف نیتروژن و سایر کودها نیز نمی‌تواند جبران تأخیر در کاشت را بنماید و بنابراین به‌منظور حصول به مقادیر بیشتری از روغن و عملکردهای بالاتر، کاشت زود (بدون تأخیر) ضروری است. نتایج یک بررسی با هدف تجزیه‌وتحلیل واکنش فنولوژی رشد، عملکرد و درصد روغن رقم‌های رایج در استرالیا به تاریخ کاشت نشان داد که به تأخیر انداختن تاریخ کاشت، فاصله‌ی زمانی از کاشت تا ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی را کوتاه کرد (Robertson et al., 2004). در مورد پتانسیل عملکرد و میزان روغن نیز مشاهده شد که کاهش عملکرد دانه با تأخیر در کاشت به میزان زیادی توسط کاهش ماده‌ی خشک هنگام رسیدگی توجیه شد (Robertson et al., 2004). رحیمی و نورمحمدی (Rahimi and Normmohammadi, 2010) در بررسی خود بیان کردند که بیشترین میزان روغن دانه در کتان به میزان ۶/۳۴ درصد از تاریخ کاشت اول به دست آمد.

عملکرد روغن دانه

اثر اصلی سال، فصل کاشت، آبیاری؛ و اثر متقابل سال×آبیاری، سال×فصل کاشت×آبیاری، فصل کاشت×آبیاری، فصل کاشت×رقم، آبیاری×رقم و فصل کاشت×آبیاری×رقم در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل سال×فصل کاشت نیز در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد روغن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). عملکرد روغن دانه در سال دوم از افزایش ۱۷ درصدی نسبت به سال اول برخوردار بود (جدول ۳). در بین فصول کاشت، بیشترین میانگین به فصل کاشت پاییز به میزان ۱۵۱۷ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (جدول ۳). اعمال قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری از

مرحله گل‌دهی به بعد به ترتیب موجب کاهش ۳۵ و ۶۱ درصدی عملکرد روغن دانه نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۳). در بین ارقام موردمطالعه، بیشترین مقادیر شامل ۱۳۰۴ و ۱۲۹۱ کیلوگرم در هکتار به ارقام زابل ۱۰ و جولیوس اختصاص داشتند و ارقام جری، RGS003 و ظفر با مقادیر ۱۰۸۰، ۱۰۸۷ و ۱۱۲۳ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد روغن دانه را نشان دادند (جدول ۳). اثر متقابل رقم با قطع آبیاری حاکی از آن بود که در تیمار شاهد رقم جولیوس با مقدار ۱۹۹۳ کیلوگرم در هکتار، در تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد رقم زابل ۱۰ با مقدار ۱۲۸۱ کیلوگرم در هکتار و در تیمار قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد رقم هایولا ۴۸۱۵ با میانگین ۷۹۳ کیلوگرم در هکتار، بیشترین مقادیر عملکرد روغن را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

شیرانی و احمدی (Shirani and Ahmadi, 1995) طی آزمایشی بر روی دو رقم کلزا بیان داشتند که تاریخ‌های کاشت از لحاظ عملکرد دانه و روغن اختلاف معنی‌داری داشتند و تأخیر در کاشت سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه شد.

جدول ۵. اثرات متقابل دوگانه فصل کاشت و رقم بر عملکرد دانه و روغن کلزا

Table 5. Interaction effects of planting season and cultivar on seed and oil yield of rapeseed

فصل کاشت planting season	رقم cultivar	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	عملکرد روغن دانه Seed oil yield (kg/ha)
کشت پاییزه Autumn planting	RGS003	3288.7^{c}	1383.1^{c}
	Zafar	3632.7^{b}	1531.7^{b}
	Julius	4075.5^{a}	1733^{a}
	Jerry	3170.3^{c}	1331.5^{c}
	Zabol 10	3875.6^{ab}	1645.1^{ab}
	Hyola 4815	3498.1^{bc}	1477.7^{bc}
کشت زمستانه Winter planting	RGS003	1898.1^{ef}	792.2^{ef}
	Zafar	1696.9^{f}	715^{f}
	Julius	1990.3^{e}	850.1^{e}
	Jerry	1991.5^{e}	829.9^{e}
	Zabol 10	2272.3^{de}	963.2^{de}
	Hyola 4815	2403.1^{d}	1010.6^{d}

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی-داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters in each column, show non- significant difference according to Duncan multiple range tests at 5% level.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از ارزیابی صفات طی دو سال آزمایش مشخص کرد که ارقام جولیوس و هایولا ۴۸۱۵ دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط معمول بوده و همچنین رقم هایولا ۴۸۱۵ سازگاری مناسبی نیز به شرایط تنش خشکی داشتند؛ بنابراین، می‌توان ارقام مذکور را به دلیل داشتن عملکرد دانه و عملکرد روغن بالاتر تحت هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش؛ جهت کاشت در مناطقی مشابه منطقه اجرای آزمایش (کرج) که احتمال وقوع تنش رطوبتی در مراحل انتهایی رشد وجود دارد، توصیه نمود. همچنین کاشت پاییزه موجب افزایش مقادیر عددی شاخص‌های کیفی کلزا شد.

منابع

Ahmadi, M., Bahrani, M.J., 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 5, 755-761.

Angadi, S.V., Cutforth, H.W., Miller, P.R., McConkey, B.G., Entz, M.H., Brandt, S.A., Volkmar, K.M., 2000. Response of three Brassica species to high temperature stress during reproductive growth. Canadian Journal of Plant Science. 80, 693-701.

Asadi, H. Jalal Kamali, M.R, Daneshian, J., Omidi, A. Hassan Abadi, H., Fouman Ainarlo, A., Shariati, F., Rudi, D., 2006. Some aspects of the effectiveness of the research achievements of the Seed and Plant Improvement Research Institute (Report). Karaj: Seed and Plant Improvement Research Institute. [In Persian].

Ashrafi, E., Razmjoo, Kh., 2010. Effect of Irrigation Regimes on Oil Content and Composition of Safflower (Carthamus tinctorius L.) Cultivars. Journal of American Oil Chemists' Society, 87, 499-506.

Bary, S.A., 1997. Soil Nutrient Bioavailability. A Mechanistic Approach, John Willey and Sons, New York.

Bilsborrow, P.F., Narton, G., 1991. A consideration of factors affecting the yield of oilseed rape. Proceedings of International Canola Conference. Saskatoon. Canada.

Bouchereau, A., Clossais, B.N., Bensaoud, A., Beport, L., Renard, M., 1996. Water stress effects on rapeseed quality. European Journal of Agronomy. 43, 19-30.

Bouchet, A.S., Laperche, A., Bissuel-Belaygue, C., Snowdon, R., Nesi, N., Stahl, A., 2016. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review. Agronomy for Sustainable Development, 36(2), 38.

Brevedan, R.E., Egli, D.B., 2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. Crop Science. 43, 2083-2088.

Chen, C., Payne, W.A., Smiley, R.W., Stoltz, M.A., 2003. Yeild and water use efficiency of eight wheat cultivars planted on seven dates in northeastern Oregon. Agronomy Journal. 95, 836-843.

Dadivar, M., Khodshenas, M.A., 2007. Evaluation of water stress effect on canola (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Sciences, 12(4), 745-853. [In Persian with English summary].

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

Dwivedi, S.L., Nigam, S.N., Jambunathan, R., Sahrawate, K.L., Nagabhushanam, G.V.S. Raghunath, K., 1993. Effects of genotypes and environments on oil content and oil quality parameters and their correlations in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Peanut Science. 20, 84-89.

Farhadi, N., Souri, M.K., Omidbighi, R., 2010. Effect of planting date on yield, oil percentage and fatty acid composition of castor plant. Electronic Journal of Crop Production. 5, 89-104. [In Persian with English summary].

Farooqi, A.H.A., Fatima. S., Khanand S.S.A., 2005. Ameliorative effect of chlormequat chloride and IAA on drought stress of plants of *Cymbopogon martinii* and *C. winterianus*. Plant Growth Regulation. 46, 277–284.

Fathi, A., Tari, D.B., 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences. 10(1), 1-6.

Flagella, Z., Rotunno. T., Tarantino, E., Di-Caterina, R., De-Caro, A., 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the irrigation levels. Pakistan Journal of Botany. 39(3), 793-746.

Foladvand, F., Khoshkhabar, H., Naghdi, N., Hosseinabadi, M., Bahamin, S., Fathi, A., 2017. The effect of sowing date and nitrogen on yield, and essential oil of German chamomile. Scientia Agriculturae. 19(3), 85-92.

Gan, Y., Angadi, S.V., Cutforth, H., Angadi, V.V., Mc Donald, C.L., 2004. Canola and mustard responseto short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Canadian Journal of Plant Science. 84, 697-704.

Gholipour, O., Latifi, R., Ghasemi H., Moghaddam, M., 2005. Comparison of

growth and yield of canola cultivars under rainy conditions. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 11(1), 5-13. [In Persian with English summary].

Han, M., Okamoto, M., Beatty, P.H., Rothstein, S.J., Good, A.G., 2015. The genetics of nitrogen use efficiency in crop plants. Annual Review of Genetics, 49, 269-289.

Hassanzadeh, M., Naderi M., Shirani Rad, A., 2006. Effect of drought stress on yield and yield components of autumn canola varieties in Isfahan region. Agricultural Research. 2(2), 51-62. [In Persian with English summary].

Hocking, P.J., Stapper, M., 2001. Effect of sowing time and nitrogen fertilizer on Indian mustard. I. dry matter production, grain yield and yield component. Australian Journal of Agricultural Research. 52(6), 623-634.

Jaberi, H., Lotfi, B., Feilinezhad, A., Fathi, A., Kian-Ersi, F., Abdollahi, A., 2015. Evaluation of yield and yield components of four winter canola cultivars under drought stress. Advances in Bioresource. 6(4), 148-151.

Karami Chame, S., Khalil-Tahmasbi, B., ShahMahmoodi, P., Abdollahi, A., Fathi, A., Seyed Mousavi, S.J., Hossein Abadi, M., Ghoreish, S., Bahamin, S., 2016. Effects of salinity stress, salicylic acid and Pseudomonas on the physiological characteristics and yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). Scientia Agriculturae. 14(2), 234-238.

Karimi Kaskaki, M., Sepehri. A., Haghighat, H., 2010. Changes in protein, oil content and fatty acid composition of four sunflower cultivars under different irrigation conditions. Electronic Journal of Crop Production. 3, 80-63. [In Persian with English summary].

Khadem Hamzeh, R., 2001. The final report on the compatibility of different varieties of canola and determining the most suitable planting date in Fars province. Agricultural Research and Education Organization Journal No. 110/1991. 25p. [In Persian].

Kumar, A., Singh, D.P., 1998. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica species. Annals of Botany. 81(3), 413-420.

Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fattyacid composition. Industrial Crops and Products. 30, 372-379.

Masjedi, A., Shokohfar, A., Alavi Fazel, M., 2008. Determination of the most suitable irrigation intervals of summer corn and studying the effect of drought stress on the product using class a pan evaporation information. Agricultural and Natural Resources Science and Technology. 12, 543-550. [In Persian with English summary].

Mohammad, T., Ali, A., Nadeem, M.A., Tanveer, A., Sabir, Q.M., 2007. Performance of canola under different water regime. European Journal of Agronomy. 17, 221–230.

Naderi, M.R., Nourmohammadi, Gh., Majidi, A., Darvish, F. ShiraniRad, A.M., 2004. Evaluation of the response of three summer safflower varieties to drought stress. Journal of Agricultural Science 4, 14-3. [In Persian with English summary].

Nielsen, D.C., Nelson, N.O., 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. Crop Science. 38, 422-427.

Nielsen, D.C., 1997. Water use and yield of canola under dryland conditions in the central Great Plains. Journal of Production Agriculture, 10(2), 307-313.

Nielsen, D.C., Ahuja, L.M., Hoogenboom, L.R.G., 2002. Simulating Soybean Water Stress Effects with RZWQM and CROPGRO Models. Agronomy Journal. 94, 1234-1243.

Niknam, S.R., Ma, Q., Turner, D.W., 1999. Osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* genotypes in a water-limited environment in south-western Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture, 43(9), 1127-1135.

Nourmohammadi, Gh., 2004. Evaluation of the response of three safflower lines to different drought stress. Journal of Agricultural Science. 4, 251-259.

Omidi, A.H., 2009. Effect of drought stress in different growth stages on grain yield and some agronomic and physiological traits in three spring seeds of safflower. Journal of Seed and Plant Seedlings. 25-2 (1), 31-15. [In Persian with English summary].

Rahimi, M.M., Nourmohammadi, G., 2010. Effect of planting date and different nitrogen levels on flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). Crop Production in Environmental Stress. 2, 11-22. [In Persian with English summary].

Robertson M.J., Holland, J.F., 2004. Production risk of canola in the semi-arid subtropics of

Australia. Australian Journal of Agricultural Research. 55(5), 525-538.

Sadeghipour, O., 2008. Effect of withholding irrigation at different growth stages on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiate* L.) varieties. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 4(5), 590–594.

Shirani Rad, A.H., Dashiri, R., 2002. Planting and Harvesting of Rapeseed. Ministry of Agricultural Jihad. [In Persian].

Shirani Rad, A.H., Ahmadi, A.R., 1995. Effect of sowing date and plant density on agronomic traits of two winter canola cultivars in Karaj province. Seed and Plant Production. 11, 9-11. [In Persian with English summary].

Shirani Rad, A.H., Shariati, F., Roodi, D., 2007. Results of research on canola cultivation in 2005-2006. Karaj: Oil Seeds Research Division, Seed and Plant Improvement Research Institute. [In Persian].

Sinaki, M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A.H., Noormohammadi, G., Zarei, G.H., 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 2, 417-422.

Tavoosi. M., 2007. Study the effect of irrigation regime on yield and seed oil content of spring safflower in Isfahan. MSc. Dissertation, Islamic Azad University, Khorasgan Branch. 86p. [In Persian with English summary].

Zhu, J.K., 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of Plant Biology. 53(1), 247-273.