مقاله پژوهشی

بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی وکیفی ارقام کلزا در شرایط قطع آبیاری و تغییر تاریخ کاشت

پیمان دوامی[۱و۲]، مجتبی علوی فاضل*[۲]، شهرام لک[۲]، داوود حبیبی[۳]و افشین مظفری[٤]

[۱] گروه زراعت، پردیس علوم وتحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی،اهواز،[۲] گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، [۳] گروه زراعت، واحدکرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج،[٤] گروه زراعت، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲٦، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۸/۱۹)

چکیده

این آزمایش به‌صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌مدت دو سال (۹۵- ۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵)، در منطقه کرج اجرا شد. آبیاری شامل آبیاری معمول (آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیراز تشت تبخیر کلاس A) و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد در کرت‌های اصلی و تاریخ کاشت شامل پنجم مهرماه و پنجم آبان‌ماه و ارقام کلزا شامل تاسیلو، الویس، نپتون و اوکاپی (شاهد) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. براساس نتایج بدست آمده، بیشترین میزان کلروفیل در هر دو تاریخ کاشت (پنجم مهرماه و پنجم آبان‌ماه) به‌ترتیب با مقادیر ۱/۵۹ و ۱/۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و تحت شرایط آبیاری معمول به رقم الویس اختصاص یافت. نتایج نشان داد قطع آبیاری موجب افزایش میزان پرولین برگ و نشت یونی ارقام مورد مطالعه گردید در حالی که محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. رقم الویس بیشترین عملکرد دانه را در تاریخ زودتر (پنجم مهرماه) و در آبیاری معمول با میانگین ۳۳٤٦/٦۷ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد. بیشترین درصد و عملکرد روغن به‌ترتیب ٤۵ درصد و ۱۳٤۹ کیلوگرم از رقم الویس در سال اول و در شرایط آبیاری نرمال و کمترین مقدار این صفات در تاریخ کاشت پنجم مهرماه از رقم تاسیلو در شرایط قطع آبیاری حاصل شد. بیشترین مقدار اسید لینولنیک، اسید استاریک، اسید اروسیک و گلوکوزینولات دانه به‌ترتیب معادل ۵/۹، ۳/۳٦، ۰/۳٤، ۳۲/۷۸ درصد در شرایط قطع آبیاری و تاریخ کاشت دیرتر (پنجم آبان‌ماه) به‌دست آمد. رقم الویس از نظر محتوای کلروفیل، درصد روغن و اسیدهای چرب بیشتر و گلوکوزینولات دانه کمتر که به‌عنوان معیارهای مهم و سودمند برای تحمل به تنش کم آبی گیاه کلزا محسوب می شوند، نسبت به سایر ارقام برتر بود.

کلمات کلیدی: اسیدهای چرب، پرولین، تاریخ کاشت، تنش خشکی، ارقام کلزا

مقدمه

کلزا با نام علمی (*Brassica napus* L.) یکی ازمهم‌ترین گیاهان زراعی در جهان است. در سال ۲۰۱۸ میلادی میزان تولید و میانگین عملکرد جهانی کلزا به‌ترتیب ۷۵ میلیون تن و ۱۹۹٦کیلوگرم در هکتار از سطح زیر کشت حدود ۳۷/٦ میلیون هکتار حاصل شد (FAO, 2020). روغن کلزا در حدود ٦۱ درصد اسید چرب غیراشباع دارد که مهم‌ترین آنها اسید چرب اولئیک (۵۷ درصد) است. همچنین دارای مقادیر کمی از اسید چرب اشباع (۸/۱ درصد) و میزان متوسطی نیز اسید لینولئیک (۲۱/۵ درصد) و اسید لینولنیک (۸ درصد) است (Nelda *et*

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mojtaba_alavifazel@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

al., 2007). از عوامل مهمی که توسعه و کشت موفقیت‌آمیز کلزا را تحت تأثیر قرار می‌دهد، تنش کم آبی است، کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و تولید این گیاه در ایران محسوب می‌گردد (Rashidi *et al.*, 2012). با توجه به مشاهدات Sinaki و همکاران (۲۰۰۷) گزارش گردید که تقارن گیاه در مرحله گلدهی با کم آبی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گردید. پاسخ گیاهان به تنش خشکی بستگی به نوع شدت، مدت تنش، گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش دارد (Kafi *et al.*, 2009).

تنش آبی از مهم‌ترین موانع محیطی در برابر فتوسنتز است. نتایج بررسی اثرات مخرب تنش‌های غیرزیستی بر کلزا نشان‌دهنده کاهش کارایی فتوسنتز، کاهش هدایت روزنه‌ای، نقصان در کارایی کربوکسیلاسیون، تضعیف نرخ انتقال الکترون در سیستم‌های نوری و کاهش عملکرد دانه تا ۸۵/۳ درصد و آسیب به ترکیب روغن دانه (به‌ویژه تحت تنش گرمایی) بوده است (Soolanayakanahally and Elferjani, 2018). فعالیت روزنه‌ای که تحت تأثیر تنش کم آبی قرار می‌گیرد، بر جذب دی‌اکسید کربن (CO_2) و در نتیجه فتوسنتز و رشد گیاه تأثیر دارد. پرولین از تنظیم‌کننده‌های مهم اسمزی در تعیین مقاومت به تنش خشکی گیاهان به‌شمار می‌رود(Azarpanah *et al.*, 2013). تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش به‌واسطه سنتز پرولین و غیرفعال‌شدن تخریب آن است. افزایش محتوای پرولین در شرایط تنش باعث محافظت غشای سلولی، پروتئین‌ها،آنزیم‌های سیتوپلاسمی و مهار گونه‌های فعال اکسیژن و حذف رادیکال‌های آزاد می‌گردد (Ghorbanli *et al.*, 2013). بالابودن محتوای نسبی آب برگ می‌تواند در تداوم رشد کلزا تحت شرایط کم آبی مؤثر باشد (Rashidi *et al.*, 2012). Blum و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشته‌اند ارقامی از گیاهان که بدون بستن روزنه‌های خود توانایی حفظ آب بیشتری هستند جهت کاشت در مناطق کم آب مناسب‌ترند. تنش خشکی روی صفات مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی گیاه در مراحل مختلف رشد مؤثر است. نقصان در محتوای آب برگ به‌طور معمول با کاهش تورژسانس، پژمردگی، توقف طویل‌شدن سلولی و کاهش در نرخ فتوسنتز و تنفس همراه است (Jaleel *et al.*, 2009). اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژی گیاه کلزا اثرات متفاوتی در میزان روغن و پروتئین آن دارد و گزارش‌های موجود حاکی از تفاوت پاسخ گیاه به خشکی در رابطه با تولید روغن در دانه است (سید احمدی وهمکاران، ١٣٩٤). اگرچه تولید دانه‌های روغنی و ترکیب روغن به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌گردد، تغییر در میزان روغن و ترکیبات روغن تحت تأثیر عوامل محیطی مانند تنش خشکی (به‌ویژه در طول دوره زمانی پرشدن دانه) نیز قرار می‌گیرد. وجود میزان بالای روغن‌های غیراشباع نسبت به روغن‌های اشباع باعث افزایش کیفیت روغن می‌گردد (Shahsavari *et al.*, 2016). مطالعات انجام‌شده توسط Bellaloui و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که تنش خشکی و درجه حرارت بالا از طریق افزایش در اسید اولئیک و کاهش در اسید لینولئیک باعث تغییر در ترکیب روغن بذر گردید. با توجه به مشاهدات Tohidi Moghadam و همکاران (۲۰۱۱) مشخص شد که تنش خشکی میزان روغن و اسید لینولئیک را در کلزا کاهش داد، ولی میزان گلوکوزینولات واسید استئاریک (stearic acid) را افزایش داد. بررسی Din و همکاران (۲۰۱۱) روی تغییرات درصد روغن و عملکرد روغن دانه و نیز ارتباط بین درصد روغن و پروتئین در 21 رقم تحت شرایط آبیاری و بدون آبیاری نشان داد که میانگین عملکرد دانه و عملکرد روغن در اثر آبیاری افزایش می‌یابد. تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد روغن کلزا دارد (Fallah Heki, 2010). عملکرد هر گیاه متأثر از عوامل مختلف محیطی و ژنتیکی است. یکی از پارامترهای مهم محیطی در هر منطقه تاریخ کاشت است. واکنش ارقام مختلف به تاریخ کاشت یکسان نیست به‌طوری که هر رقم پتانسیل تولید بالایی را در تاریخ کاشت مطلوب از خود نشان می‌دهد. ترکیب مناسب ژنوتیپ و تاریخ کاشت در گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کسب عملکرد مطلوب و اقتصادی است. در تاریخ کاشت مناسب، مراحل رویشی و زایشی گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق شده و موجب افزایش بازدهی فتوسنتز، افزایش انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه‌ها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

و درنهایت افزایش عملکرد می‌شود (Safari, 2010). کاشت زود هنگام کلزا باعث افزایش در جذب آب و مقادیر زیادی عناصر غذایی توسط گیاه می‌گردد که زمینه را برای آسیب سرما در زمستان فراهم می‌کند و از طرفی کاشت دیر هنگام این گیاه باعث کوچک ماندن گیاه و عدم ذخیره کافی مواد غذایی و افزایش خطر سرمازدگی می‌گردد (Javidfar, 2001). استفاده از ارقامی که بتوانند در شرایط بحران آب، تحمل به تنش بیشتر و عملکرد مطلوبی داشته باشند ضروری به‌نظر می‌رسد لذا این پژوهش با هدف ارزیابی چهار رقم کلزا در شرایط قطع آبیاری در مراحل انتهایی دوره رشد و همچنین تغییر تاریخ کاشت روی برخی صفات فیزیولوژیکی و کیفی به‌منظور گزینش رقم برتر از نظر پاسخ به تنش قطع آبیاری و تغییر تاریخ کاشت صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی مدت دو سال ۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵ در مزرعه آب و خاک پارس، واقع در کرج با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ٤٦ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا به‌صورت اسپیلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. براساس اطلاعات ۳۰ ساله هواشناسی کرج، میانگین بارندگی سالیانه ۲٤۳ میلی‌متر بوده و عمده بارندگی در اواخر پاییز و اوایل بهار اتفاق می‌افتد. زمین انتخابی آزمایش در سال قبل تحت کشت گندم بود. قبل از آماده‌سازی زمین، از خاک مزرعه در دو عمق ۳۰-۰ و ٦۰-۳۰ سانتی‌متری جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌برداری شد و سپس به آزمایشگاه منتقل گردید. نتایج حاصل از تجزیه خاک مزرعه در جدول ۱ درج گردیده است.

تیمارها عبارت بودند از آبیاری در دو سطح شامل آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد در کرت‌های اصلی و تاریخ کاشت در دو سطح شامل تاریخ کاشت پنجم مهرماه و تاریخ کاشت پنجم آبان‌ماه و چهار رقم کلزا دارای تیپ رشد زمستانه شامل تاسیلو (Tassilo)، الویس (Elvise)، نپتون (Neptune) و اوکاپی(Okapi) به‌عنوان شاهد، با مبداء کشور فرانسه و متوسط روغن ٤٤ درصد، به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. دور آبیاری براساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A صورت گرفت به طوری که در هر بار آبیاری،۸۰ درصد آب تبخیر شده یعنی برابر با ٦٤ میلی‌متر یا ٦٤۰ مترمکعب در هکتار توسط کنتور حجمی اندازه‌گیری و وارد کرت‌ها شد. آبیاری برای اعمال تیمار تنش خشکی از مرحله خورجین‌دهی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی به‌طور کامل قطع گردید. به عبارت دیگر تا قبل از این مرحله آبیاری برای تیمارهای تنش خشکی، کاملاً مشابه تیمار آبیاری معمول بود. بیشترین میزان بارندگی در طول فصل رشد از مهر تا خرداد در سال اول آزمایش، ۳٤/۵ میلی‌متر در آذرماه و کمترین میزان بارندگی با ۰/۱ میلی‌متر در خردادماه و در سال دوم اجرای آزمایش بیشترین و کمترین میزان بارندگی در طول فصل رشد به‌ترتیب ٤۹/۵ میلی‌متر در فروردین‌ماه و صفر میلی‌متر در خردادماه بارندگی اتفاق افتاد. برای تیمار آبیاری معمول در هشت مرحله و برای تیمار تنش در شش مرحله (دو نوبت کمتراز شرایط آبیاری معمول) صورت گرفت. در کل، میزان آب مصرفی برای تیمار شاهد ۵۱۲۰ متر مکعب در هکتار و برای تیمار تنش حدود ۳۸٤۰ مترمکعب در هکتار بود. مقادیر کود مورد نیاز براساس نتایج آنالیز خاک و توصیه کودی اعمال شد. کودهای فسفر و پتاسیم (قبل از تهیه بستر) و کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم طی سه مرحله (۱۰۰ کیلوگرم به صورت پایه، ۵۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۵۰ کیلوگرم در مرحله گل‌دهی) به خاک اضافه شد. فاصله بین بلوک‌ها ۵ متر و فاصله بین کرت‌های اصلی، دو متر در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت آزمایشی نیز ۵ × ۱/۸ متر و به مساحت نه مترمربع شامل شش خط کشت پنج متری بود که دو خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. برای کاشت کلزا، مزرعه توسط فاروئر به‌صورت جوی و پشته درآمد. بذور قبل از کاشت براساس دو تاریخ کاشت تعیین‌شده غربال شدند تا از لحاظ اندازه یکنواخت گردند. عملیات کاشت بذور با دست در دو طرف هر پشته به فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	۰-۳۰	۳۰-٦۰
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۲/۲	۱/۷
اسیدیته خاک	۷/۷	۷/۸
درصد اشباع	۳٦	۳۹/٥
درصد کربن آلی	۰/٥۳	۰/٤۲
فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام)	۹/۷	٤/٥۲
پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام)	١٦٨	۱۷٥
درصد نیتروژن کل	۰/۰۹	۰/۰۷
درصد رس	۲۹	۲۷
درصد سیلت	٤٥	٤٦
درصد شن	۲٦	۲۷
بافت خاک	لوم رسی	لوم رسی

بوته‌ها روی خطوط کاشت پنج سانتی‌متر از یکدیگر به‌صورت خطی و در داخل هر حفره ایجاد شده تعداد چهار تا پنج عدد بذر در عمق ۰/٥ تا ۱/٥ سانتی‌متری قرار گرفت. از علف‌کش بوتیزان استار (٤۱/٦ درصد سوسپانسیون) بعد از کاشت و قبل از سبزشدن به میزان ۲/٥ لیتر در هکتار برای کنترل طیف وسیعی ازعلف‌های هرز نازک برگ و پهن برگ به‌ویژه علف‌های هرز هم‌خانواده کلزا استفاده شد. به‌منظور افزایش قدرت رشد رویشی اولیه و حفظ یکنواختی در توسعه برگ‌های گیاه کلزا و غلبه بر سایه‌اندازی علف‌های هرز و دست‌یابی به تراکم بوته مورد نظر (٤٥ بوته در مترمربع) در مرحله ٤ تا ٦ برگی نسبت به تنک مزرعه اقدام شد. در مرحله روزت (شش تا هشت برگی) به‌منظور کنترل آفات نباتی از جمله شته مومی سم متاسیستوکس (۱/٥ لیتر در هکتار) در اواخر زمستان و قبل از ظهور ساقه گل‌دهنده مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی: اندازه‌گیری کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل (a + b) از روش Arnon (١٩٦٧) اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در مرحله خورجین‌دهی و پانزده روز پس از اعمال تنش، ۱۰۰ میلی‌گرم از بافت تر برگ‌های جوان و توسعه‌یافته بالای پوشش گیاهی بلافاصله توسط نیتروژن مایع فریز شد. سپس مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در هر نمونه با استفاده از استن ۸۰ درصد ساییده شد. محلول حاصل به لوله‌های سانتریفوژ انتقال و بقایای موجود در هاون، با مقداری استن ۸۰ درصد شسته و به محلول درون لوله اضافه شد. سپس لوله‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد تا محلول فوقانی لوله‌ها جدا و به بالن ژوژه ۲٥ میلی‌لیتری انتقال یافت و حجم آن توسط استن ۸۰ درصد به ۲٥ میلی‌لیتر رسید. با استفاده از اعداد به‌دست آمده در دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار کلروفیل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه ($mg\ g^{-1}FW$) و با استفاده از روابط ۱ تا ۳ محاسبه گردید. در این روابط، V حجم محلول صاف‌شده، W وزن تر نمونه استفاده‌شده برحسب گرم و A جذب نور در طول‌موج‌های ٦٦۳ و ٦٤٥ نانومتر است.

(رابطه ۱)

$$Chl\ a\ (mg\ g^{-1}FW) = (19.3\times A_{663} - 0.86\times A_{645}) \times V/1000w$$

(رابطه ۲)

$$Chl\ b\ (mg\ g^{-1}FW) = (19.3\times A_{645} - 3.6\times A_{663}) \times V/1000w$$

(رابطه ۳)

$$Chl\ total\ (mg\ g^{-1}FW) = Chl\ a + Chl\ b$$

سنجش محتوای نسبی آب برگ: محتوای نسبی آب برگ از روش Ritchie و همکاران (۱۹۹۰) اندازه‌گیری شد. بدین منظور ۱٥ روز بعد از اعمال تنش در مرحله خورجین‌دهی در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

ساعت هفت صبح سه برگ جوان و توسعه‌یافته از بالای پوشش گیاهی از سه ردیف میانی هر کرت برداشت گردید و بلافاصله وزن تر (FW) توزین شد. سپس تمامی نمونه‌ها گیاهی در میلی‌متر ۱۵ آب‌مقطر قرار داده شد و به‌مدت ۱٦ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری قرار می‌گیرند. بعد از اینکه آب آنها گرفته شد وزن اشباع (SW) آنها اندازه گیری و ثبت گردید. نمونه‌ها بعد از ٤۸ ساعت درون پاکت‌های کاغذی در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و وزن خشک آنها (DW) اندازه‌گیری شد. با قراردادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده هزارم در رابطه ٤ محتوی نسبی آب برگ برحسب درصد به‌دست می‌آید. بلافاصله وزن تر (FW)، وزن اشباع (SW) و وزن خشک آنها (DW) توزین و برحسب درصد به‌دست آمد.

(رابطه ٤)

$$\% \text{ RWC} = (FW - DW / SW - DW) \times 100$$

اندازه‌گیری میزان نشت یونی (EL %): شاخص پایداری غشاء سلولی از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیتی برگ در مرحله خورجین‌دهی و پانزده روز پس از اعمال تنش ارزیابی گردید. برای این منظور ۱۵ عدد دیسک برگی به لوله‌هایی با حجم ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر انتقال یافت و به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای اتاق و شدت نور پایین نگهداری گردیدند. هدایت الکتریکی آب‌مقطر همراه نمونه‌ها (EC_1) به‌عنوان نشت اولیه توسط دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش حاوی نمونه‌ها در حمام آب جوش (۹۵ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند و پس از سردشدن EC_2 آنها دوباره ثبت گردید و نشت الکترولیتی براساس رابطه ۵ محاسبه گردید (Sairam and Srivastava., 2002).

(رابطه ۵)

$$EL_{\%} = [EC_1/EC_2] \times 100$$

استخراج پرولین برگ: مقدار پرولین برگ‌ها از طریق روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. در مرحله خورجین‌دهی و پانزده روز پس از اعمال تنش مقدار ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی (برگ) وزن شد و پس از انجام مراحل مختلف و عصاره‌گیری، مقدار پرولین در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر ($mg\ g^{-1}\ FW$) خوانده شد.

عملکرد دانه، روغن دانه و عملکرد روغن دانه: پس از رسیدگی فیزیولوژیکی به‌منظور تعیین عملکرد دانه از مساحت نه مترمربع پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کشت، از دو خط میانی هر کرت آزمایشی جهت ارزیابی عملکرد دانه برداشت گردید. دانه‌ها پس از جداسازی از خورجین توزین و عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. میزان روغن دانه با استفاده از دستگاه عصاره‌گیر سوکسله سنجش گردید. عملکرد روغن از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (احتشامی و همکاران، ۱۳۹٤).

اندازه‌گیری میزان اسیدهای چرب و گلوکوزینولات دانه: پس از برداشت، میزان کل اسیدهای چرب موجود در دانه‌های کلزا با روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (High Performance Liquid Chromatography) و از روش ارائه شده توسط Kaushik و Agnihorti (۱۹۹۹) و برحسب درصد اندازه‌گیری شد. مقدار گلوکوزینولات دانه پس از استخراج با متانول و سپس خالص‌سازی، تصفیه و سولفات‌گیری آنزیمی بر رزین‌های تبادل یون با دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا اندازه‌گیری شد و براساس میلی‌گرم بر گرم وزن خشک ($mg\ g^{-1}W$) بیان گردید. دستگاه کروماتوگرافی مورد استفاده مجهز به آشکارساز UV، ستون C۱۸ (اندازه ذرات کمتر یا مساوی با ۵ میکرومتر)، فاز متحرک مخلوطی از آب فوق خالص و استونیتریل با نسبت ۸۰ به ۲۰، دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و طول‌موج ۲۲۹ نانومتر بود (افضلی و همکاران، ۱۳۸٦).

تجزیه آماری: پس از جمع‌آوری داده‌ها برای تست همگن بودن واریانس‌ها از آزمون بارتلت استفاده شد و تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد محاسبه شد.

نتایج و بحث

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و برهم‌کنش تاریخ کاشت × رقم بر میزان کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۲). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان کلروفیل a در دانه ارقام کلزا در شرایط آبیاری معمول به مقدار ۱/۱ (میلی‌گرم برگرم وزن تر) نسبت به شرایط قطع آبیاری به مقدار ۰/۹۳ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) برتری نسبی نشان داد. بررسی مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت × رقم نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه در هر یک از تاریخ‌های تعیین‌شده (پنجم مهرماه و پنجم آبان‌ماه) مشاهده نگردید به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل a از رقم الویس (۱/۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تاریخ کاشت پنجم مهرماه به‌دست آمد (جدول ۳).

اثر آبیاری، رقم، برهم‌کنش تاریخ کاشت × رقم و آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر میزان کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۲). نتایج به‌دست آمده از برهم کنش آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر میزان کلروفیل b نشان داد رقم نپتون بیشترین مقدار کلروفیل b را در هر دو تاریخ کاشت (پنجم مهرماه و پنجم آبان‌ماه) به‌ترتیب با مقادیر ۰/۳۴ و ۰/۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و تحت شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری به خود اختصاص داد (جدول ۵). از دلایل کاهش مقدار کلروفیل در شرایط تنش خشکی می‌توان به بازدارندگی بیوسنتز کلروفیل اشاره کرد (Chegeni *et al*., 2016). نتایج این تحقیق با گزارش‌های Din و همکاران (۲۰۱۱) که تفاوت معنی‌داری را بین ارقام کلزا در ارتباط با محتوای کلروفیل a و b گزارش کردند مطابقت داشت.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد میزان کلروفیل کل تحت تأثیر اثر آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و برهم‌کنش آبیاری × رقم، تاریخ کاشت × رقم و آبیاری × تاریخ کاشت × رقم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت و اثر ساده سال تنها درسطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی سال بر میزان کلروفیل کل نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل در سال اول با مقدار ۱/۳۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نسبت به سال دوم با میانگین ۱/۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برتری داشت. با بررسی نتایج اثر متقابل ترکیبی آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر میزان کلروفیل کل، رقم الویس بیشترین کلروفیل کل را در هر دو تاریخ کاشت (پنجم مهرماه و پنجم آبان‌ماه) به‌ترتیب با مقادیر ۱/۵۹ و ۱/۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و تحت شرایط آبیاری معمول و رقم تاسیلو در شرایط قطع آبیاری و تاریخ کاشت زودتر کمترین میزان کلروفیل کل را به مقدار ۰/۷۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر را به خود اختصاص داد (جدول ۵). کاهش کلروفیل در گیاهان جنبه سازگاری داشته با این کار الکترون‌های برانگیخته‌شده طی فرآیند فتوسنتز، کاهش و درنتیجه خسارت ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن کمتر می‌شود (Kranner *et al*., 2002). تداوم فرآیند فتوسنتز و حفظ ظرفیت کلروفیل برگ‌ها در شرایط تنش خشکی از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش به‌شمار می‌رود و به‌عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم پیشنهاد می‌شود (Pessarkli, 1999). به‌طورکلی مطالعه روند فتوسنتز و فلورسانس کلروفیل در کنار وضعیت آبی و پایداری غشاء در شرایط تنش خشکی در گیاه می‌تواند دیدگاه‌های فیزیولوژیک مناسبی را برای محققان در توجیه رفتار این گیاه در مواجهه با تنش خشکی فراهم سازد (Su *et al*., 2015). Majidi و همکاران (۲۰۱۵) کاهش مقدار کلروفیل را در اثر تنش کم آبی گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

محتوای نسبی آب برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری، رقم و برهم‌کنش آبیاری × رقم، تاریخ کاشت × رقم و برهمکنش آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی مقایسه میانگین بر همکنش آبیاری × تاریخ کاشت × رقم نشان داد که تحت شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری رقم تاسیلو در تاریخ کاشت پنجم مهرماه بیشترین وکمترین مقدار محتوی نسبی آب برگ به‌ترتیب به مقدار ۹۰/۹۹ درصد و ٦٦/۰٦ درصد به خود اختصاص داد در حالی که تحت شرایط آبیاری معمول تفاوت معنی‌داری بین ارقام در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه ارقام کلزا در سطوح مختلف آبیاری و تاریخ کاشت طی دو سال زراعی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	محتوای نسبی آب	نشت یونی	پرولین	عملکرد دانه	میزان روغن
سال (A)	۱	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۲ *	۳/۸٤ ns	۰/۰۹ ns	۰/۰۲ ns	٤٤٦٩٠١/٠٤ ns	۳۱/۵۱ **
تکرار (سال)	٤	۰/۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۷	۰/۲٦	۰/۳	۷۲۹/۱۷	۰/۰۲
آبیاری (B)	۱	۰/۷٦ **	۰/۰۳ **	۱/۰٦ **	۹٤٤۸/٦ **	۱۱٤۵۱/۱٤ **	۱۰۷٦/٦۹ **	۳۵٦۱۲۵۱/۰٤ **	۰/۰۷ ns
(B)×(A)	۲	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۹ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۲ ns	۸٤/۳۷ ns	۰/۰۷ ns
اشتباه اصلی	٤	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱	۲/۳۱	۰/۲٦	۱/٤۲	٤۳۱۵/۲۳	۰/۷۸
تاریخ کاشت (C)	۱	۰/۷٤ **	۰/۰۰۰۰۸ ns	۰/۷٦ **	۳/٤۸ ns	۲/۳۷ **	۲/۲۱ *	۲۹۷۸٦۲٦/۰٤ **	۳۷/۵ **
(C)×(A)	۱	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۵ ns	۰/۸۳ **	۰/۰۹ ns	۷۵۹/۳۷ ns	۰/۰٦ ns
(C)×(B)	۱	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۵ ns	۰/۰۱ **	۱/۲٦ ns	۱/٤۷ **	۲/۲٦ *	۳۳۸٤/۳۷ ns	۰/۰۰٦ ns
(C)×(B)×(A)	۱	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۰۰۰۱۵ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۰٤ ns	۰/۰۵ ns	۰/۰۷ ns	۵۵۱/۰٤ ns	۰/۰۰۷ ns
رقم (D)	۳	۱/۷۳ **	۰/۰۸ **	۱/۹۹ **	۱۱/۷۱ **	۲۲۹/٤٤ **	۱۹/۷۸ **	٤۸۹۷۸۹/۹۳ **	۹۱/٦۲ **
(D)×(A)	۳	۰/۰۰۰٤ ns	۰/۰۰۰۰۸ ns	۰/۰۰۰٦ ns	۰/۰۵ ns	۰/۲۰ ns	۰/۰۷ ns	۲۰۱/۰٤ ns	۰/۰۰۹ ns
(D)×(B)	۳	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۷ **	۲۳/۱۵ **	۲٤۵/٤۰ **	۱۵/٤۹ **	۵٦٤۵/٤۹ ns	۰/۰۳ ns
(D)×(C)	۳	۰/۰٤ **	۰/۰۰۸ **	۰/۰۲ **	۲۲/٦۸ **	۱۱/۰۰۵ **	۲/۵۵ **	۲٤۵۳/۸۲ ns	۱/۹۱ **
(D)×(B)×(A)	۳	۰/۰۰۰۸ ns	۰/۰۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰٤ ns	۰/۱۷ ns	۰/۰۸ ns	۸۷/۱۵ ns	۰/۰٦ ns
(D)×(C)×(A)	۳	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۰۰٤ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰۵ ns	۰/۰٤ ns	۰/۰۲ ns	۸۹/۹۳ ns	۰/۰۳ ns
(D)×(C)×(B)	۳	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۰٤ **	۰/۰۰۸ **	۲۳/۷۳ **	۹/۱٦ **	۲/۱۲ **	۱۸۰۳۹/۹۳ *	۰/۰۱ ns
(D)×(C)×(B)×(A)	۳	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰٦ ns	۰/۰٤ ns	۰/۱۹ ns	۰/۰۵ ns	۱٤٦٤۱/۱۵ ns	۰/۰۳ ns
اشتباه فرعی	۵٦	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰٤	۰/۰۰۰۸	۰/۹۵	۰/۰۸	۰/۳۱	۱۷۱٦/٦٦	۰/۰۳
ضریب تغییرات (درصد)		۷/٦۲	۹/۷۲	۷/۲	۱/۲۳	۵/۱۷	٤/۷۷	۲/۲۸	۱/۸٦

** تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. * تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد. ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

تاریخ‌های کشت مختلف از لحاظ این صفت مشاهده نگردید (جدول ۵). بالابودن محتوای نسبی آب برگ باعث حفظ آماس سلول‌های گیاه تحت شرایط تنش خشکی و تداوم رشد گیاه در این شرایط خواهد بود (Shirani Rad *et al.*, 2010). اختلاف ارقام از نظر میزان محتوای نسبی آب برگ ناشی از مکانیسم‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک مانند بسته‌تر شدن روزنه‌ها، افزایش غلظت شیره سلولی، جذب بیشتر آب از طریق توسعه ریشه‌زایی و یا اندازه و زاویه برگ و زاویه برگ باشد (Abdoli *et al.*, 2013). کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش کم آبی می‌تواند به‌دلیل عدم دسترسی گیاه به درصد رطوبت خاک که منجر به کاهش پتانسیل آب برگ در اثر شدت تنش کم آبی باشد (Heidari *et al.*, 2015).

گزارش‌های متعددی در خصوص کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی موجود است که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد (Daneshmand *et al.*, 2008; Khan *et al.*, 2010).

میزان نشت یونی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان نشت یونی تحت تأثیر اثر آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و برهم‌کنش سال × تاریخ کاشت، آبیاری × تاریخ کاشت، آبیاری × رقم، تاریخ کاشت × رقم و آبیاری × تاریخ کاشت × رقم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین بر هم‌کنش سال × تاریخ کاشت نشان داد که بیشترین میزان نشت یونی برگ در سال اول و درتاریخ کاشت پنجم مهرماه با مقدار ۱۷/۸۵ درصد در ارقام مورد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

ادامه جدول ۲-

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد روغن	اسید پالمیتیک	اسید استئاریک	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک	اسید اروسیک	گلوکوزینولات دانه
سال (A)	۱	۱۸۵۶۸۰/۰۴**	۰/۱۱ns	۰/۵۹*	۰/۲۳ns	۲/۷۳*	۰/۰۰۱ns	۲۱/۹۴**
تکرار (سال)	۴	۲۵/۵۷	۰/۱۴	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۰۰۲	۰/۰۹
آبیاری (B)	۱	۹۶۶۴۷/۰۴**	۱۹/۸**	۱۷/۴۷**	۲۲/۱۸**	۱۵/۵۷**	۰/۲**	۶۱۰۵/۸۲**
(B)×(A)	۲	۳۶۰۱/۵۰**	۰/۲۸ns	۰/۰۰۰۲ns	۰/۰۰۰۲ns	۰/۲*	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۰۲ns
اشتباه اصلی	۴	۲۸/۸۰	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۲۱	۰/۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۴
تاریخ کاشت (C)	۱	۷۶۰۰/۳۷**	۰/۷۳ns	۱/۲۵**	۲۶/۳۱**	۱۲/۸۳**	۰/۰۰۲*	۴۲/۸۴**
(C)×(A)	۱	۳۵۵/۶۷**	۰/۲ns	۰/۴۶**	۰/۰۹ns	۰/۰۲ns	۰/۰۰۰۰۰۱ns	۰/۰۰۴ns
(C)×(B)	۱	۱۲۶۱۵۰**	۰/۱۳ns	۰/۰۸ns	۰/۰۱ns	۰/۴۲**	۰/۰۰۱**	۳/۷۵**
(C)×(B)×(A)	۱	۲۴۷/۰۴*	۰/۱۱ns	۰/۲ns	۰/۰۰۸ns	۰/۰۲ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۹ns
رقم (D)	۳	۲۱۰۵۴۷/۴۷**	۳/۸۷**	۰/۰۱ns	۷/۵۸**	۰/۱۲*	۰/۰۰۰۸ns	۱۱۲/۰۳**
(D)×(A)	۳	۹۹/۴۵ns	۰/۲۷ns	۰/۰۲ns	۰/۰۴ns	۰/۱۸**	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۶ns
(D)×(B)	۳	۱۴۷۴/۶۲**	۰/۰۱ns	۰/۰۵ns	۰/۰۵ns	۰/۳**	۰/۰۰۰۶ns	۴۰/۰۰**
(D)×(C)	۳	۱۸۳۷/۲۳**	۰/۰۱ns	۰/۰۰۸ns	۱/۰۸ns	۰/۱۴*	۰/۰۲**	۰/۶۲ns
(D)×(B)×(A)	۳	۷۶/۱۹ns	۰/۰۳ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۴ns	۰/۰۳ns	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۰۱ns
(D)×(C)×(A)	۳	۵۴۴/۹۷**	۰/۰۴ns	۰/۰۳ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۳ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۸ns
(D)×(C)×(B)	۳	۳۸۹/۰۲**	۰/۰۳ns	۰/۰۲ns	۰/۰۴ns	۰/۲**	۰/۰۰۰۳ns	۰/۹۸ns
(D)×(C)×(B)×(A)	۳	۳۸۹/۷۳**	۰/۰۳ns	۰/۰۴ns	۰/۰۱ns	۰/۰۲ns	۰/۰۰۰۲ns	۰/۰۳ns
اشتباه فرعی	۵۶	۶۴/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳۵	۰/۰۴	۰/۰۰۰۴	۰/۴۹
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۶۶	۸/۵۱	۶/۸۹	۳/۵۹	۳/۶۳	۷/۲	۲/۹۵

** تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد. * تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد. ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل تاریخ کاشت × رقم بر صفات مورد مطالعه ارقام کلزا

تاریخ کاشت	رقم	میزان کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	میزان روغن (درصد)	اسید اروسیک (درصد)
پنجم مهرماه	تاسیلو	۰/۷۷	۴۰	۰/۳۱
	الویس	۱/۴۵	۴۵	۰/۳۰
	نپتون	۱/۲۶	۴۴	۰/۲۸
	اوکاپی(شاهد)	۰/۹۶	۴۲	۰/۲۹
پنجم آبان‌ماه	تاسیلو	۰/۶۶	۴۰	۰/۳۰
	الویس	۱/۲۲	۴۳	۰/۲۹
	نپتون	۰/۹۹	۴۳	۰/۲۹
	اوکاپی	۰/۸۶	۴۱	۰/۳۲
	LSD 5%	۰/۰۲۵	۰/۱۴	۰/۰۱۶

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از LSD بزرگتر است، در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال × تاریخ کاشت بر صفات مورد مطالعه ارقام کلزا

سال	تاریخ کاشت	میزان نشت یونی (درصد)	اسید استئاریک (درصد)
سال اول	پنجم مهرماه	۱۷/۸۵	۲/۸۳
	پنجم آبان‌ماه	۱۷/۳۵	۳/۲
سال دوم	پنجم مهرماه	۱۷/۷۳	۲/۸۱
	پنجم آبان‌ماه	۱۷/٦۰	۲/۹
	LSD5%	۰/۱۹	۰/۱۱

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از LSD بزرگتر است، در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

مطالعه به‌دست آمد (جدول ٤). مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × تاریخ کاشت × رقم نشان داد که تحت شرایط قطع آبیاری بیشترین نشت یونی با ۳۷/٤۱ درصد مربوط به رقم تاسیلو در تاریخ کاشت پنجم مهرماه و کمترین میزان نشت یونی مربوط به رقم الویس با ۱۹/۷۸ درصد در همان تاریخ کاشت تحت شرایط قطع آبیاری بود (جدول ۵). در ارقام مقاوم‌تر، کمتربودن میزان نشت یونی در نتیجه پایدارتر بودن غشاء سلولی نسبت به ارقام حساس‌تر است. تحت شرایط کم آبیاری به‌دلیل تولید گونه‌های فعال اکسیژن و تنش اکسیداتیو و خسارت‌های ایجادشده غشاء سلولی تخریب می‌گردد و میزان نشت الکترولیت‌ها از سلول افزایش پیدا می‌کند (Rashidi *et al.*, 2012). مطالعات انجام‌شده توسط (Rashtbari *et al.*, 2012) نشان داد که تنش کم آبی در ارقام کلزا باعث افزایش معنی‌دار درصد نشت یونی در مقایسه با تیمار آبیاری معمول گردید و این محققین واکنش ارقام را از لحاظ این صفت به‌طور معنی‌داری متفاوت اعلام کردند که نتاج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند.

میزان تجمع پرولین: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد میزان تجمع پرولین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر آبیاری، رقم برهم‌کنش‌های آبیاری × رقم، تاریخ کاشت × رقم و آبیاری × تاریخ کاشت × رقم در سطح احتمال یک درصد قرار داشت. اثر ساده تاریخ کاشت و برهم‌کنش آبیاری × تاریخ کاشت نیز تنها درسطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر میزان تجمع پرولین نشان داد تحت شرایط قطع آبیاری بیشترین میزان تجمع پرولین با ۱۸/۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به رقم الویس در تاریخ کاشت زودتر اختصاص داشت، در صورتی که رقم تاسیلو با اعمال شرایط قطع آبیاری در هر دو تاریخ کاشت میزان تجمع پایین‌تری از پرولین را نمایش داد (جدول ۵). تجمع محلول‌های سازگار تحت تنش خشکی و شوری مکانیزم مهمی برای حفظ فشار تورژسانس در سلول و سبب کاهش پتانسیل آبی در گیاه است (Ashraf and Foolad, 2007). همه گیاهان در شرایط تنش، پرولین را در بافت‌های خود ذخیره می‌کنند و بستگی به نوع گیاه و شدت تنش بین ۲ تا ۱۰۰ برابر می‌تواند تغییر کند (Jazi Zadeh and Mortezaie Nejad, 2017). Lotfi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند مقدار پرولین اندازه‌گیری‌شده در ارقام کلزا تحت شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری معمول، افزایش یافت اما مقدار افزایش یا کاهش پرولین نمی‌تواند به‌عنوان معیاری برای مقاومت و برتری در بین ارقام باشد. تجمع و افزایش میزان پرولین در پاسخ به تنش کم آبی ارقام کلزا در مطالعات انجام‌شده توسط Rezayian و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شد. مطالعات متعددی مبنی بر افزایش پرولین در پاسخ به تنش خشکی در گیاهان و به‌ویژه کلزا وجود دارد که نتایج تحقیق حاضر را تأیید می‌کند (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2015).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد اثر آبیاری، تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل آبیاری × تاریخ کاشت × رقم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر صفات مورد مطالعه ارقام کلزا

آبیاری	تاریخ کاشت	رقم	میزان b کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	میزان کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	میزان نشت یونی (درصد)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	اسید لینولنیک (درصد)
آبیاری کامل	پنجم مهر ماه	تاسیلو	۰/۲٤	۰/۹۹	۹۰/۹۹	٦/٦٥	۸/٦۸	۳۰۳٦/٦٦	٤/۷۰
		الویس	۰/۲۸	۱/٥۹	۹۰/۲۸	٦/۷۳	۸/۸۱	۳۳٤٦/٦۷	٤/٥۹
		نپتون	۰/۳٤	۱/٤۱	۹۰/۰٤	٦/۹٤	۸/۰۷	۳۲۲۰/۰۰	٤/٦٤
		اوکاپی(شاهد)	۰/۲۸	۱/۲۱	۹۰/۳٦	٦/٦۹	۸/٦۸	۳۱۰۳/۳۳	٤/۷۲
	پنجم آبان ماه	تاسیلو	۰/۲٤	۱/۰۸	۹۰/۸٥	٦/٤۲	۸/۸۲	۲٦۸۳/۳۳	٥/٤۹
		الویس	۰/۲۸	۱/۸۸	۹۰/۳۰	٦/۸۱	۸/۷٤	۳۰۳۰/۰۰	٥/٥۰
		نپتون	۰/۳۰	۱/٦٦	۸۹/۸٦	٦/۹٥	۸/۰۹	۲۸۷۰/۰۰	٥/٤٦
		اوکاپی	۰/۳۲	۱/۳۸	۹۰/۰٦	٦/٥٦	۸/٥۹	۲۷۳٦/٦۷	٥/٦٥
قطع آبیاری	پنجم مهر ماه	تاسیلو	۰/۲۰	۰/۷۷	٦٦/۰٦	۳۷/٤۱	۱۳/۸۰	۲۹۱۳/۳۳	٥/٦۹
		الویس	۰/۲٤	۱/۳۸	۷٤/٥٥	۱۹/۷۸	۱۸/۸۸	۳۲۱۱/٦۷	٥/٥٤
		نپتون	۰/۳۱	۱/۲۳	۷۲/۲٦	۲۷/٥٥	۱٥/۰۸	۳۰۸۱/٦۱	٥/٥٦
		اوکاپی	۰/۲٥	۱/۰٦	۷۰/۳٦	۳۰/٦۲	۱٤/٤۸	۲۹۷٦/٦۷	٥/٦۲
	پنجم آبان ماه	تاسیلو	۰/۲۱	۰/۹۲	۷۰/۸٤	۳۲/۹۸	۱٤/٤۰	۲٥٤۰/۰۰	٦/٤۹
		الویس	۰/۲٥	۱/٥۷	۷۰/۳۰	۲۰/۷۳	۱٦/٦۲	۲۸۸۰/۰۰	٦/۳۹
		نپتون	۰/۲٥	۱/٤۲	٦۹/٦٤	۲۸/۳۷	۱٤/۲۸	۲۷۲۸/۳۳	٦/۲۰
		اوکاپی	۰/۲۹	۱/۱٥	۷۰/۰۱	۳۱/۰٤	۱٤/٥۰	۲٦۰۳/۳۳	٥/۷۲
		LSD 5%	۰/۰۰۷	۰/۰۳۳	۱/۱۲	۰/۳۳	۰/٦٤	٤۷/۹۲	۰/۲۳

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از LSD بزرگتر است، در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

بر عملکرد دانه کلزا در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲)، به‌طوری‌که رقم الویس بیشترین عملکرد دانه را در تاریخ پنجم مهرماه و تحت شرایط آبیاری معمول با میانگین ۳۳٤٦/٦۷ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد .کمترین عملکرد دانه به رقم تاسیلو در شرایط قطع آبیاری و در تاریخ کاشت دیرتر (پنجم آبان‌ماه) به میزان ۲٥٤۰ کیلوگرم به‌دست آمد. به‌طورکلی رقم الویس در هر دو تاریخ کاشت عملکرد دانه بیشتری داشت. با اعمال قطع آبیاری در تاریخ کاشت پنجم مهرماه ارقام الویس و نپتون به‌ترتیب به مقدار ۳۲۱۱/٦۷ و ۳۰۸۱/٦۱ کیلوگرم در هکتار را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). اعمال قطع آبیاری در مرحله گلدهی و رشد خورجین‌ها و مواجه‌شدن گیاه کلزا با کمبود آب به‌دلیل تأثیر منفی بر تشکیل خورجین و اندازه دانه، انتقال مواد غذایی به دانه‌ها کاهش یافته و عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Ghasemian-Ardestani, 2019). در یک نتیجه‌گیری مشابه با این پژوهش، با تNخیر زمان کاشت کلزا به‌مدت یک ماه، عملکرد دانه ۱۰ تا ۵۰ درصد بسته به رقم ممکن است کاهش نشان دهد و تفاوت در ارقام کلزا از لحاظ عملکرد دانه را ممکن است به تفاوت این ارقام در صفات رشد از قبیل تعداد شاخه‌ها که انعکاسی از تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه است نسبت داد (Sharghi *et al.*, 2011). با توجه به مشاهدات مصطفوی راد و همکاران (۱۳۹۱) تأخیر در کاشت علاوه بر کوتاه‌شدن دوره پرشدن دانه، گلدهی و گرده‌افشانی را به‌علت برخورد با هوای گرم کاهش می‌دهد که درنهایت باعث کاهش عملکرد دانه خواهد گردید. اگرچه نمی توان اثر تأخیر کاشت را در کاهش عملکرد از نظر دور داشت، تأثیر رقم نیز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

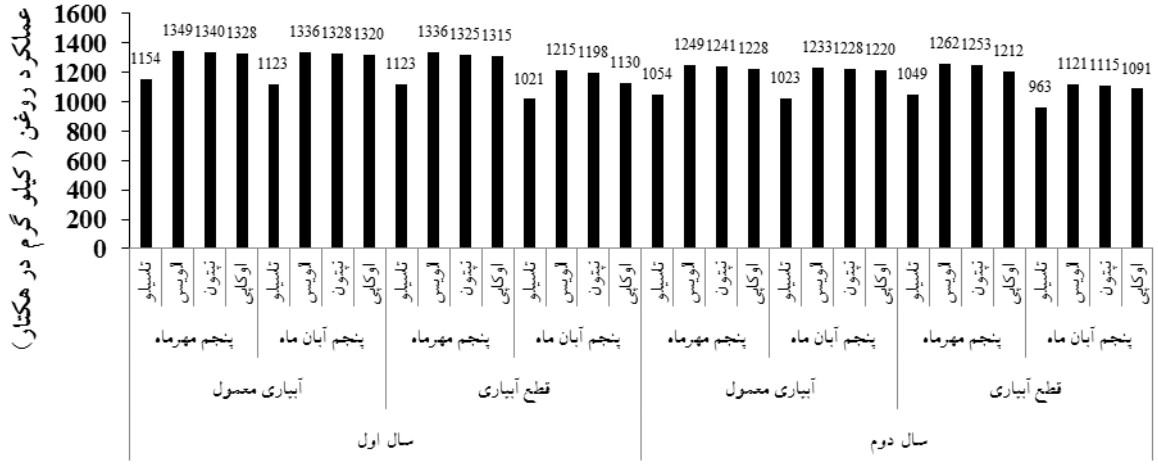
بر عملکرد بسیار معنی‌دار است (Moradi aghdam *et al.*, 2018) که نتایج این تحقیق را بیشتر حمایت می‌کند.

میزان روغن دانه: با بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد اثر سال، تاریخ کاشت، رقم و برهم‌کنش‌های تاریخ کاشت × رقم بر میزان روغن دانه معنی‌دار شدند (جدول ۲). Sharghi و همکاران (۲۰۱۱) اثر آبیاری بر میزان روغن دانه را معنی‌دار گزارش کردند که با نتایج تحقیقات حاضر مبنی بر معنی‌دار نشدن آبیاری بر این صفت مغایرت داشت. دلیل این تناقض را می‌توان به پاسخ‌های متفاوت ارقام کلزا به تیمار آبیاری نسبت داد. در مطالعات انجام‌شده توسط Zarei و همکاران (۲۰۱۰) نتیجه‌گیری گردید که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار میزان روغن دانه نشد و آن را می‌توان به کنترل بیشتر میزان روغن دانه توسط عوامل ژنتیکی و تأثیرپذیری بالای عملکرد روغن از تغییرات عملکرد دانه نسبت به درصد روغن دانه دانست (Jabbari *et al.*, 2015). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان روغن دانه در سال اول با ۴۳/۳۹ درصد نسبت به سال دوم کاشت با ۴۳/۲۵ برتر بود. برهم‌کنش‌های تاریخ کاشت × رقم نشان داد بیشترین میزان روغن دانه مربوط به رقم الویس در تاریخ زودتر (پنجم مهرماه) با ۴۵ درصد بدست آمد و میزان روغن در رقم تاسیلو بدون تغییر در هر دو تاریخ کاشت (۴۰ درصد) مشاهده شد، ارقام نپتون و اوکاپی از نظر میزان روغن در رتبه دوم و سوم قرار گرفتند (جدول ۳). درصد روغن در تاریخ کاشت دیرتر معمولاً کاهش می‌یابد (Hocking and Stapper, 2001). میزان روغن دانه صفتی ارثی است و تا حدودی تحت تأثیر اثرات محیطی قرار می‌گیرد. در میان عوامل محیطی مؤثر بر مقدار روغن، دما مهم‌ترین عامل محسوب می‌شود که با افزایش آن، افت شدیدی در درصد روغن آشکار می‌شود. این اثر کاهنده دما بر درصد روغن در تاریخ‌های کاشت‌های دیر مشهودتر است (Fanaei *et al.*, 2005). نتایج بررسی ارقام کلزا در مناطق کم باران جنوب استرالیا در مورد تغییرات درصد روغن با تاریخ کاشت نشان داد به ازای هر دو هفته تأخیر در کاشت حدود ۱/۱ درصد روغن و ۳۰۹ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه کاهش داشت به‌طوری‌که میزان کاهش در درصد روغن در نتیجه تأخیر در کاشت در مناطق کم باران نسبت به منطقه پر باران به مراتب بیشتر بود (Si and Walton, 2004). نتایج این پژوهش در خصوص کاهش درصد میزان روغن در تاریخ کاشت تأخیری به‌دلیل مواجه‌شدن گیاه کلزا با درجه حرارت‌های بالا در مرحله رسیدگی و پرشدن دانه با گزارش Fallah Heki و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت داشت. بنابراین برای دستیابی به درصد روغن بیشتر، کاشت زود هنگام ضروری است .

عملکرد روغن دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد عملکرد روغن دانه کلزا به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت اثر سال، آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و بر هم‌کنش سال × آبیاری، سال × تاریخ کاشت، آبیاری × تاریخ کاشت، آبیاری × رقم، تاریخ کاشت × رقم، سال × تاریخ کاشت × رقم، آبیاری × تاریخ کاشت × رقم و سال × آبیاری × تاریخ کاشت × رقم قرار گرفت. اثر متقابل سال × آبیاری × تاریخ کاشت بر عملکرد روغن تنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سال × آبیاری × تاریخ کاشت × رقم نشان داد که در سال اول آزمایش بیشترین عملکرد روغن دانه مربوط به رقم الویس با ۱۳۴۹ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری معمول و تاریخ کاشت پنجم مهرماه بود و کمترین عملکرد روغن دانه مربوط به رقم تاسیلو با ۱۰۲۱ کیلوگرم در هکتار در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و تاریخ کاشت پنجم آبان‌ماه بود. در سال دوم آزمایش بیشترین عملکرد روغن دانه از رقم الویس با ۱۲۴۹/۳۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری معمول و تاریخ کاشت پنجم مهرماه بدست آمد و کمترین عملکرد روغن دانه به رقم تاسیلو با ۹۶۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط قطع آبیاری و تاریخ کاشت پنجم آبان‌ماه اختصاص یافت (شکل ۱). علت کاهش عملکرد روغن دانه در رقم الویس را می‌توان به پایین‌بودن عملکرد دانه آن نسبت داد. رقم الویس به‌دلیل برخورداری از عملکرد دانه بالا از بیشترین عملکرد روغن دانه در هر دو سال آزمایش و تاریخ کاشت پنجم مهرماه نیز برخوردار بود. عملکرد روغن نسبت به میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]



شکل ۱- برهم‌کنش سال × آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر عملکرد روغن کلزا. میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها ازLSD بزرگتر است، در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

روغن دانه از اهمیت بیشتری برخورداراست. عملکرد روغن تابعی از درصد روغن و عملکرد دانه است و هر گونه تغییری در میزان درصد روغن و عملکرد دانه به‌طور مستقیم عملکرد روغن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این تحقیق عملکرد روغن دانه به تبعیت از عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای مختلف تاریخ کاشت و رژیم‌های آبیاری قرار گرفت که با نتایج تحقیقات قبلی همسو بود (Ehteshami *et al.*, 2015). در واقع تأخیر در تاریخ کاشت سبب می‌گردد تا مراحل حساس گلدهی و پرشدن دانه با گرمای آخر فصل برخورد کند که درنهایت موجب کاهش عملکرد روغن دانه می‌گردد (Robertson and Holland, 2004). با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش با افزایش شدت تنش آبی و کاهش در باروری گل‌ها و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها عملکرد روغن نیز کاهش یافت. تأخیر در کاشت گیاه به‌علت کاهش رشد گیاه، برخورد با گرما در طی مرحله پرشدن دانه در آخر فصل، افزایش تنفس و کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش عملکرد دانه و درصد روغن آن نیز به نسبت به سایر تاریخ کاشت‌ها به‌شدت کاهش می‌یابد. بنابراین کاهش عملکرد روغن با تأخیر در کاشت قابل توجیه است. مطالعات انجام‌شده توسط Adamsen و Coffelt (۲۰۰۵) نیز کاهش عملکرد روغن را در اثر تأخیر در کاشت گزارش کردند.

پالمتیک اسید: نتایج نشان داد که اثر آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد برمیزان پالمتیک اسید معنی‌دار شد و برهم‌کنش هیچ کدام از تیمارها براین صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). بررسی میانگین‌ها نشان داد میزان پالمتیک اسید در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد با مقدار ٤/٦٦ درصد نسبت به شرایط آبیاری به مقدار ۳/۷۷ درصد برتری داشت. در بین ارقام مورد آزمایش، رقم تاسیلو و نپتون به‌ترتیب با میانگین ٤/۷۱ و ۳/۷۸ درصد بیشترین و کمترین میزان پالمتیک اسید را به خود اختصاص دادند. Zarei و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که اثر ارقام و دور آبیاری بر کمیت و کیفیت روغن معنی‌دار بود. آنها همچنین عنوان کردند که تنش خشکی سبب افزایش میزان اسید پالمتیک روغن می‌شود واکنش ارقام نیز متفاوت می‌باشد. مطالعات انجام‌شده توسط Mekki و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد استرس خشکی میزان اسید چرب اشباع نظیر پالمتیک اسید را افزایش می‌دهد و در عوض میزان اسیدهای چرب غیراشباع را کاهش داد که نتایج تحقیق حاضر را تأیید می‌کند.

استئاریک اسید: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر آبیاری، تاریخ کاشت و برهم‌کنش سال × تاریخ کاشت بر میزان استئاریک اسید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر سال نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دارشد (جدول ۲).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

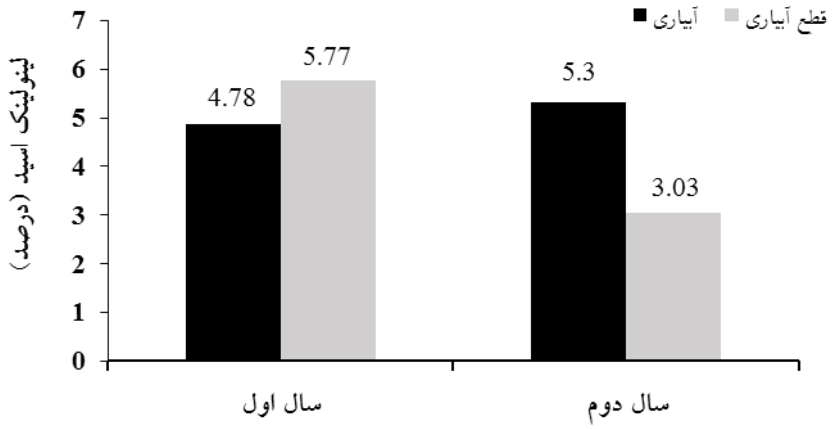
اعمال قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد موجب افزایش میزان استئاریک اسید به میزان ۳/۳٦ درصد نسبت به شرایط آبیاری (۲/۵۱ درصد) شد. نتایج برهم‌کنش سال × تاریخ کاشت نشان داد که اگرچه میزان استئاریک اسید در کاشت زود هنگام (پنجم مهرماه) تفاوت معنی‌داری در سال اول با سال دوم نداشت ولی در تاریخ کاشت دیرتر (پنجم آبان‌ماه) میزان استئاریک اسید دانه‌های برداشت‌شده در سال اول به مقدار ۳/۲ درصد نسبت به سال دوم (۲/۹ درصد) افزایش معنی‌داری داشت (جدول ٤). اثرات تنش خشکی بر گیاهان یکسان نیست و مرحله رشد گیاه و همچنین ارقام در تعیین میزان صدمات وارده نقش دارند (Nourmohammadi, 2004).

لینولئیک اسید: نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص نمود که اثر آبیاری، تاریخ کاشت و رقم بر میزان لینولئیک اسید در سطح احتمال یک معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین نشان داد میزان لینولئیک اسید در دانه ارقام کلزا با اعمال قطع آبیاری با میانگین ۱۷/٤۲ درصد، به‌طور معنی‌داری از میزان لینولئیک اسید در دانه ارقام کلزای کاشت‌شده تحت شرایط آبیاری معمول با میانگین ۱٦/٤۵ درصد بیشتر بود. به‌نظر می‌رسد که با افزایش شدت تنش خشکی، رشد گیاه کاهش یافته که این کاهش رشد بر انتقال مواد به دانه‌ها نیز مؤثر بوده در نتیجه باعث کاهش اسیدهای چرب مانند لینولئیک اسید شده است. مطالعات Bellaloui و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که تنش خشکی در چهار رقم سویا باعث کاهش مقدار لینولئیک و لینولنیک اسید دانه به‌دلیل تغییر در فعالیت آنزیم‌ها شد. ارقام کلزای کاشت شده در تاریخ کاشت پنجم مهرماه به‌طور معنی‌داری میزان لینولئیک اسید بیشتری (۱۷/٤٦ درصد) در مقایسه با ارقام کاشت‌شده در پنجم آبان‌ماه (٤۱/ درصد) تولید کردند. بیشترین میزان لینولئیک اسید مربوط به رقم الویس با میانگین ۱۷/۵۰ درصد و کمترین میزان به رقم تاسیلو با میانگین ۱٦/۲۸ درصد اختصاص داشت. میزان اسیدهای چرب لینولئیک، اولئیک و اروسیک معمولاً کیفیت روغن کلزا را تعیین می‌کنند که به میزان زیادی تحت تأثیر درجه حرارت در طی دوره زایشی تا رسیدگی دانه قرار می‌گیرند (Brevedan and Egli, 2003).

لینولنیک اسید: نتایج تجزیه واریانس داده نشان داد اثر آبیاری، تاریخ کاشت و برهم‌کنش آبیاری × تاریخ کاشت، سال × رقم، آبیاری × رقم و آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر میزان لینولنیک اسید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). اثر سال، رقم، برهم‌کنش سال × آبیاری و برهم‌کنش تاریخ کاشت × رقم تنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال × آبیاری نشان داد که میزان اسید لینولنیک در هر دو سال آزمایش در شرایط قطع آبیاری برتری نسبی نسبت به شرایط آبیاری معمول بدست آورد (شکل ۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش سال × رقم نشان داد که رقم تاسیلو در سال دوم کاشت بیشترین میزان لینولنیک اسید (۵/۷۹ درصد) را تولید نمود و رقم الویس در همان سال کاشت (سال دوم) با تولید مقدار ۵/۷٤ درصد اسید لینولنیک اسید در رتبه دوم قرار گرفت. در سال اول کاشت ارقام، در بیشتر موارد با هم از لحاظ این اسید چرب تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۳). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری × تاریخ کاشت × رقم نشان داد تحت شرایط قطع آبیاری بیشترین مقدار اسید چرب لینولنیک به میزان ٦/٤۹ درصد به رقم تاسیلو در تاریخ کاشت دیرتر (پنجم آبان‌ماه) و کمترین میزان لینولینک اسید در شرایط آبیاری معمول و در تاریخ کاشت پنجم مهرماه به میزان ٤/۵۹ درصد به رقم الویس تعلق داشت (جدول ۵). افزایش ۱/۷ تا ۲ درصدی اسید چرب لینولینک در روغن دانه کلزا در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Bilsborrow and Narton, 1991).

اروسیک اسید: نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری، برهم‌کنش‌های آبیاری × تاریخ کاشت و تاریخ کاشت × رقم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). اثر تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). خصوصیات کیفی هر نوع روغن بستگی به ترکیب اسیدهای چرب آن به‌ویژه اولئیک، لینولئیک و اورسیک دارد که به میزان زیادی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Javidfar *et*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]



(LSD5%) = 0.011

شکل ۲-اثرمتقابل سال × آبیاری بر لینولینک اسید دانه کلزا. میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از LSD بزرگتر است، در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

(LSD5%) = 0.018

شکل ۳-اثر سال × رقم بر لینولینک اسید دانه کلزا. میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از LSD بزرگتر است، در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

al., 2007). نتایج برهم‌کنش تاریخ کاشت × رقم همچنین نشان داد که رقم اوکاپی در تاریخ کاشت پنجم آبان‌ماه بیشترین میزان اروسیک اسید با ۰/۳۲ درصد به خود اختصاص داد. در تاریخ کاشت زودتر رقم تاسیلو از لحاظ میزان اروسیک اسید با ۰/۳۱ درصد در مقایسه با سایر ارقام درصد بیشتری را به خود اختصاص داد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × تاریخ کاشت نشان داد کاشت ارقام کلزا در تاریخ کاشت دیرتر (پنجم آبان‌ماه) و قطع آبیاری منجر به تولید میزان اسید اروسیک بیشتر در مقایسه با تاریخ کاشت زودتر گردید. در هر یک از شرایط تاریخ کاشت بین تیمار آبیاری و قطع آبیاری تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ٦). تنش خشکی در مرحله گلدهی بر میزان روغن و اسیدهای چرب دانه در گیاه کلزا بیشتر تأثیر را دارد (Tohidi Moghadam *et al.*, 2011). مطالعات انجام‌شده توسط Nazeri و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که اعمال تیمار تنش کم آبی سبب افزایش معنی‌دار در میزان اروسیک اسید گردید که با نتایج حاضر مطابقت دارد. مقدار اروسیک شاخص مهمی برای روغن کلزا و مصارف خوراکی آن می‌باشد. اروسیک، اسید چربی است که برای انسان و دام مضر است و در روغن کلزا می‌بایستی کمتر از دو درصد باشد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × تاریخ کاشت بر صفات مورد مطالعه ارقام کلزا

رژیم آبیاری	تاریخ کاشت	اسید اروسیک (درصد)	گلوکوزینولات (درصد)
آبیاری معمول	پنجم مهرماه	۰/۲٤	۱۵/٤۹
	پنجم آبان ماه	۰/۳٤	۱۷/۲۲
قطع آبیاری	پنجم مهرماه	۰/۲٦	۳۱/۸٤
	پنجم آبان ماه	۰/۳٤	۳۲/۷۸
	LSD 5%	۰/۰۰۹	۰/۲۱

میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از LSD بزرگتر است، در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

(LSD5%) = 0.36

شکل ٤- اثر آبیاری × رقم بر گلوکوزینولات دانه کلزا. میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها از LSD بزرگتر است، در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

گلوکوزینولات دانه: میزان گلوکوزینولات موجود در دانه کلزا به‌طور معنی‌داری تحت اثر سال، آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و برهم‌کنش آبیاری × تاریخ کاشت و برهم‌کنش آبیاری × رقم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بررسی مقایسه میانگین اثر سال بر میزان گلوکوزینولات دانه نشان داد که میزان گلوکوزینولات دانه در سال دوم با ۲٤/۸۱ درصد نسبت به سال اول با ۲۳/۸۵ برتر بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × تاریخ کاشت نشان داد کاشت ارقام کلزا در تاریخ کاشت پنجم آبان‌ماه و در شرایط قطع آبیاری منجر به تولید میزان گلوکوزینولات بیشتری در مقایسه با تاریخ کاشت پنجم مهرماه گردید (جدول ٦). با بررسی نتایج برهم کنش آبیاری × رقم مشخص شد بیشترین میزان گلوکوزینولات دانه متعلق به رقم تاسیلو تحت شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد به مقدار ۳۵/۰٦ درصد بود در صورتی که رقم الویس با قطع آبیاری در مقایسه با سایر ارقام میزان گلوکوزینولات کمتری (۲۷/۲۹ درصد) تولید کرد (شکل ٤). برای توصیف کیفیت کلزا، دو عامل محتوای روغن و پروتئین دانه استفاده می‌گردد، که بسته به ترکیب اسید چرب برای مصارف صنعتی و خوراکی کاربرد دارند (Rathke *et al.*, 2005) با توجه به مشاهدات نعیمی و همکاران (۱۳۸۹) تنش خشکی و ژنوتیپ و اثرات ترکیبی آنها می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر میزان گلوکوزینولات دانه داشته باشد. آنها همچنین بیان کردند در زمان پرشدن دانه مواجه‌شدن گیاه با تنش کم آبی، میزان گلوکوزینولات بافت‌های رویشی و خصوصاً گلوکوزینولات خورجین توزیع مجدد خواهند داشت و وارد دانه می‌شوند. در تحقیقی که توسط Tohidi Moghadam و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

همکاران (۲۰۱۱) انجام شد گزارش گردید که تنش خشکی باعث افزایش میزان گلوکوزینولات گردید که با نتایج تحقیق حاضر همسو است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از ارزیابی صفات دو سال آزمایش مشخص کرد قطع آبیاری اثرات منفی شدیدی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفی در مقایسه با آبیاری معمول در ارقام مورد مطالعه کلزا داشت. کاشت به موقع (در ابتدای مهرماه) سبب خواهد شد تا ضمن استقرار مناسب بوته‌ها، از ذخیره مواد غذایی کافی برخوردار شوند و قدرت بقای گیاه در فصل زمستان افزایش یابد. کلزا رقم الویس بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن را در تاریخ کاشت پنجم مهرماه به خود اختصاص داد و از نظر پتانسیل صفات فیزیولوژیکی، تولید دانه، میزان روغن و اسیدهای چرب سازگاری مناسبی با شرایط تنش خشکی داشت و می‌توان این رقم را در منطقه کرج که احتمال وقوع تنش رطوبتی در مراحل انتهایی رشد وجود دارد، توصیه نمود.

منابع

احتشامی، س. م. ر.، تهرانی عارف، آ. و بصیری، ص. (١٣٩٤) تأثیر تاریخ کاشت بر برخی صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد پنج رقم کلزا. نشریه زراعت ۱۰۹: ۱۱۱-۱۲۰.

افضلی، م. ج. و شریعتی، ف. (١٣٨٦) تأثیر روش‌های مختلف برداشت بر کیفیت دانه ارقام کلزا.پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین-های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد.

سید احمدی، ع. ر.، بخشنده، ع. م. و قرینه، م. ح. (١٣٩٤) ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی پایان فصل در شرایط آب و هوایی اهواز. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱: ۸۰-۷۱.

مصطفوی‌راد، م.، شریعتی، ف. و مصطفوی‌راد، س. (١٣٩١) بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد کمی و کیفی چهار رقم کلزای سازگار با مناطق سرد در اراک. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲: ۱۵۹-۱۶۷.

نعیمی، م.، اکبری، ا.، شیرانی راد، س.، مدرس ثانوی، س. و نوری، س. (١٣٨٩) بررسی تأثیر تنش خشکی پایان دوره رشد بر عملکرد کمی و کیفی ارقام کلزا. مجله به‌زراعی کشاورزی ۲: ۷۱-۶۳.

Abdoli, M., Saeedi, M., Jalali Honarmand, S., Mansourifar, S. and Ghobadi, M. E. (2013) Evaluation of some physiological and biochemical traits and their relationship with yield and its components in bread wheat cultivars under post-pollination conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences 1: 47-63. (In Persian).

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 3: 293-307.

Arnon, A. N. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2007) Improving plant abiotic stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline". Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Azarpanah, A., Alizadeh, O. and Dehghanzadeh, H. (2013) Investigation on proline and carbohydrates accumulation in *Zea mays* L. under water stress condition. Extreme life, Biospeology and Asterobiology, International Journal of the Bioflux Society 1: 47-54.

Bates, L. S., Walderen, R. D. and Taere, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Bellaloui, N., Ebelhar, W., Gillen, A. M., Fisher, D. K., Abbas, H. K., Mengistu, A. and Krishna, N. (2011) Reddy and R.L. Paris. soybean seed protein, and fatty acids are altered by S and S+N fertilizers under irrigated and nonirrigated environments. Journal of Agricultural Science 4: 465-476.

Bellaloui, N., Mengistu, A. and Kassem, M. A. (2013) Effects of genetics and environment on fatty acid stability in soybean seed. Food and Nutrition Sciences 4: 165-175.

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

Blum, A. (2012) Plant Breeding for Water-Limited Environments. Springer, New York, Dordrecht Heidelberg London.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

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

Chegeni, H., Goldani, M., Shirani Rad, A. H. and Kafi, M. (2016) Effects of terminal drought stress on some biochemical and agronomic characteristics in some rapeseed lines (*Brassica napus* L.). Plant Ecophysiology 27: 20-31. (In Persian).

Daneshmand, A. R., Shirani Rad, A. H., Ardakani, M. R. and Poorfazel, S. (2008) Physiological evaluation of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes tolerance to water deficit stress. Journal of Agricultural Science 1: 249-262.

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: 78-28.

Ehteshami, S. M., Tehrani, A. and Samadi, B. (2015) Effect of planting date on some phenological and morphological chara cteristcs, yield and yield components of fie rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 28: 111-120.

Elferjani, R. and Soolanayakanahally, R. (2018) Canola responses to drought, heat, and combined stress: shared and specific effects on carbon assimilation, seed yield, andoilcomposition. Plant Sciences 9: 1224.

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

Fanaei, H. R., Keykha, G. H., AkbariMoghaddam, H., Modarress Najafabadi, S. and Naruoie Rad, M. R. (2005) Effects of planting method and seed rate on yield and yield components of rapeseed Hyola 401 Hybrid in Sistan condition". Seed and Plant. Journal of Agricultural Research 3: 399-409.

FAO. (2020) FAOSTAT Data. www.faostat.org.

Ghasemian-Ardestani, H. (2019) Evaluation of agro -ophysiological response of selected rapeseed cultivars to different temperature and humidity regimes for adaptation to climate change. Ph.D. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad.

Ghorbanli, M., Gafarabad, M., Amirkian, T. and Allahverdi Mamaghani, B. (2013) Investigation of proline, total protein, chlorophyll, ascorbate and dehydro ascorbate changes under drought stress in Akria and Mobil tomato cultivars. Iranian Journal of Plant Physiology 2: 651-658.

Heidari, N., Pouryousef, M. and Tavakoli, A. (2015) Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Plant Research 5: 829-839. (In Persian).

Hocking, P. J. and 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 6: 623-634.

Jabbari, H., Akbari, G. A. and Khoshkhalq Sima, N. A. (2015) Study of agronomic, physiological and qualitative characteristics of rapeseed under water stress. Journal of Environmental Stresses in Crop Science 1: 35-49.

Jaleel, C. A., Paramasivam, M., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J. and Somasundaram, F. (2009) Panneerselvam. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigment compositions. International Journal of Agriculture and Biology 11: 100-5.

Javidfar, F., Reipley, F., Zeinaly, H., Abdmishani, S., Shah Nejat Boushehri, A. A., Tavakol Afshari, R., Alizadeh, B. and Jafarieh, E. (2007) Heritability of fatty acids composition in sping oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agriculture and Science 3: 57-64.

Javidfar, F., Roody, D. and Rahmanpour, S. (2001) Canola Production. Oilseed Research Dept, Seed and Plant Improvement Ins. Press.

Jazi Zadeh, E. and Mortezaie Nejad, F. (2017) Effects of water stress on morphological and physiological indices of *Cichorium intybus* L. for introduction in urban landscapes. Journal of Plan Process and Function. 21: 279-290. (In Persian).

Kafi, M., Borzooei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masumi, A. and Nabati, J. (2009) Physiology of environmental stresses in plants. Jahad of University of Mashhad University Press.

Kalantar Ahmadi, S. A., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., Daneshian, J. and Siadat, S. A. (2015) Changes in enzymatic and nonenzymatic antioxidant defense mechanisms of canola seedlings at different drought stress and nitrogen levels. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 39: 1-12.

Kaushik, N. and Agnihorti, A. (1999) High performance liquid chromatographic method for separation and quantification of intact glucosinolates. Chromatographia 49: 281-284.

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

Kranner, I., Beckett, R. P., Wornik, S., Zorn, M. and Pfeifhofer, H. W. (2002) Revival of a resurrection plant correlates with its antioxidant status. The Plant Journal 31: 13-24.

Lotfi, R., Gharavi-Kuochebagh, P. and Khoshvaghti, H. (2015) Biochemical and physiological responses of *Brassica napus* plants to humic acid under water stress. Russian Journal of Plant Physiology 4: 480-486.

Majidi, M. M., Jafarzadeh, M., Rashidi, F. and Mirlohi, A. (2015) Effect of drought stress on yield and some physiological traits in canola varieties. Journal of Plant Process and Function 39: 59-70.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

Mekki, B. B., EL-Kholy, M. A. and Mohamad, E. M. (1999) Yield, oil and fatty acids contents as affected by water deficit and potassium fertilization in two sunflower cultivars. Egyptian Journal of Agronomy, Cairo 1: 67-85.

Moradi aghdam, A., Seyfzadeh, S., Sehrani rad, A. H., Valadabadi, S. A. and Zakerin, H. (2018) The effect of irrigation cut on physiological characteristics and grain yield of rapeseed cultivars under different planting dates. Journal of Crop Physiology 38: 59-76.

Nazeri, P., Shirani Rad, A. H., ValadAbadi, S. A., Mirakhori, M. and Hadidi Masoule, E. (2018) Effect of sowing dates and late season water deficit stress on quantitative and qualitative traits of canola cultivars. Outlook on Agriculture 1-7.

Nelda, R., Paz, R., Masson, L., Ortiz, J., Gonzalez, K., Tapia, K. and Dobaganes, C. (2007) Effect of a-tocopherol, a-tocotrienol and rosa mosqueta shell extract on the performance of antioxidant-stripped canola oil (*Brassica* Sp.) at high temperature. Food Chemistry 104: 383-389.

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

Pessarkli, M. (1999) Hand Book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc.

Rashidi, S., Shirani Rad, A. H., Ayene Band, A., Javidfar, F. and Lak, S. (2012) Study of relationship between drought stress tolerances with some physiological parameters in canola genotypes (*Brassica napus* L.). Annals of Biological Research 1: 564-569.

Rashtbari, M., Alikhani, H. A. and Ghorchiani, M. (2012) Effect of vermicompost and municipal solid waste compost on growth and yield of canola under drought stress conditions. International Journal of Agriculture: Research and Review. 4: 395-402.

Rathke, G. W., Christen, O. and Diepenbrock, W. (2005) Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crops Research 94: 103-113.

Rezayian, M., Niknam, V. and Ebrahimzadeh, H. (2018) Effects of drought stress on the seedling growth, development, and metabolic activity in different cultivars of canola. Soil Science and Plant Nutrition 360-369.

Ritchie, S. W., Nyvgen, H. I. and Halady, A. S. (1990) Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.

Robertson, M. J. and Holland, J. F. (2004) Production risk of canola in the semi-arid subtropics of Australia". Australian Journal of Agricultural Research 55: 525-538.

Safari, M., Agha Alikhany, M. and Modarres Sanavy, A. S. M. (2010) Effect of sowing date on phenology and morphological traits of three grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars". Iranian Journal of Agricultural Sciences 12: 452-466.

Sairam, R. K. Srivastava, G. C. (2002) Changes in antioxidant activity in sub– cellular fraction of tolerant and susceptible wheat genotypes to long term salt stress. Plant Sciences 162: 897-904.

Shahsavari, N. and Dadrasnia, A. (2016) Effect of zeolites and zinc on the physiological characteristics of canola under late-season drought stress. Communications soil science and Plant Analysis 18: 2077-2087.

Sharghi, Y., Shirani Rad, A. H., Ayeneh Band, A., Noormohammadi, G. and Zahedi, H. (2011) Yield and yield components of six canola (*Brassica napus* L.) cultivars affected by planting date and water deficit stress. African Journal of Biotechnology 46: 9309-9313.

Shirani Rad, A. H., Naeemi, M. and Nasr Esfahani, Sh. (2010) Evaluation of terminal drought tolerance in spring and autumn rapeseed cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 2: 112-126.

Si, P. and Walton, G. H. (2004) Determinants of oil concentration and seed yield in canola and Indian mustard in the lower rainfall areas of Western Australia. Australian Journal of Agricultural Research 55: 367-377.

Sinaki, M. J., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Noormohammadi, G. and Zarei, G. H. (2007) The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). Am-Euras. Australian Journal of Agricultural Research 2: 417-422.

Su, L., Dai, Z., Li, S. and Xin, H. (2015) A novel system for evaluating drought–cold tolerance of grapevines using chlorophyll fluorescence. BMC Plant Biology 15: 82.

Tohidi Moghadam, H. R., Zahedi, H. and Ghooshchi, F. (2011) Oil quality of canola cultivars in response to water stress and super absorbent polymer application. Pesquisa Agropecuaria Tropical 4: 579-586.

Zarei, G., Shamsi, H. and Dehghani, S. M. (2010) The effect of drought stress on yield, yield components and seed oil content of three autumnal rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of Research in Agricultural Science 6: 29-37.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]

Evaluation of physiological and qualitative characteristics of rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in irrigation-off and change of planting date conditions

Peyman Davami [1 and 2], Mojtaba Alavi Fazel [*2], Shahram Lak [2], Davood Habibi [3] and Afshin Mozaffari [4]

[1] Department of Agronomy, Khuzestan University of Science and Research Campus, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
[2] Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
[3] Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
[4] Department of Agronomy, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran
(Received: 17/10/2020, Accepted: 09/11/2020)

Abstract

This experiment was conducted as factorial split plot in randomized complete block design with three replications for two years (2015-2016 and 2016-2017) in Karaj region. Irrigation included regular irrigation (irrigation after 80 mm evaporation from Class A evaporation pan) and irrigation-off from the silique stage onwards in the main plots and planting date including the of Oct.26 and Sep.26 and rapeseed cultivars including Tasillo, Elvise, Neptune And okapi (control) were factorially divided into subplots.Based on the results, the highest amount of chlorophyll in both planting dates (Sep. 26 and Oct. 26) with values of 1.59 and 1.88 mg / g fresh leaf weight and in normal irrigation conditions were assigned to Elvise cultivar. Also, the results showed that irrigation-off increased leaf proline and ion leakage of the studied cultivars while the relative leaf water content decreased. Elvis cultivar had the highest grain yield in earlier planting date (Oct. 26) and in normal irrigation with an average of 3346.67 kg/ha. The highest percentage and yield of oil were 45% and 1349 kg of Elvise cultivar in the first year, respectively, in normal irrigation conditions, and the lowest amount of these traits was obtained from Tasilo cultivar in the irrigation-off on the Oct.26. The highest amounts of linolenic acid, static acid, rosaric acid and grain glucosinolate were 5.9, 3.36, 0.34, 32.78%, respectively in irrigation-off conditions and later planting date (Sep. 26). Elvise cultivar was superior to other cultivars in terms of chlorophyll content, higher percentage of oil and fatty acids and less grain glucosinolate, which are considered important and useful criteria for tolerance to dehydration stress of rapeseed.

Keywords: Fatty acids, Proline, Planting date, Drought stress, Rapeseed cultivar

Corresponding author, Email: mojtaba_alavifazel@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.19.9]