

## ارزیابی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی چهار رقم کلزا (*Brassica napus* L) زمستانه در شرایط قطع آبیاری و تأخیر کاشت

پیمان دوامی<sup>۱</sup>، مجتبی علوی فاضل<sup>۲\*</sup>، شهرام لک<sup>۳</sup>، داوود حبیبی<sup>۴</sup> و افشین مظفری<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی زراعت و اصلاح نباتات، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- دانشیار گروه مهندسی زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳- استاد گروه مهندسی زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۴- دانشیار گروه مهندسی زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

۵- استادیار گروه مهندسی زراعت، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران

\* ایمیل نویسنده مسئول: [mojtaba\\_alavifazel@yahoo.com](mailto:mojtaba_alavifazel@yahoo.com)

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۳۰)

### چکیده

به منظور ارزیابی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام کلزا در شرایط قطع آبیاری و تأخیر تاریخ کاشت، آزمایشی در دو سال زراعی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه کرج اجرا گردید. در این پژوهش آبیاری به عنوان عامل اصلی در دو سطح شامل آبیاری معمول (۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی و تاریخ کاشت در دو سطح شامل پنجم مهرماه و پنجم آبان ماه و چهار رقم زمستانه شامل تاسیلو (Tassilo)، الویس (Elvise)، نپتون (Neptune) و اوکاپی (Okapi) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. براساس نتایج بدست آمده، بیشترین میزان کلروفیل در هر دو تاریخ کاشت (پنجم مهرماه و پنجم آبان ماه) به ترتیب با مقادیر ۱/۵۹ و ۱/۸۸ میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ و تحت شرایط آبیاری معمول به رقم الویس اختصاص یافت. قطع آبیاری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش میزان پرولین برگ، محتوای پروتئین محلول و میزان کربوهیدرات محلول شد. ارقام الویس و نپتون در شرایط آبیاری معمول به ترتیب با ۳۳۶۶ و ۳۲۲۰ کیلوگرم در هکتار و در شرایط قطع آبیاری به ترتیب با میانگین ۳۲۱۱ و ۳۰۸۱ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را داشتند. بر اساس شاخص تحمل به تنش (STI) رقم الویس به عنوان متحمل‌ترین رقم در شرایط تنش کم آبی در مرحله خورجین دهی به بعد شناخته شد.

**واژه‌های کلیدی:** پرولین، عملکرد دانه، قطع آبیاری، کلروفیل، کلزا

### مقدمه

عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی در اکثر نقاط جهان و ایران شناخته شده است (Mariani, 2017 & Ferrante). نتایج بررسی اثرات مخرب تنش‌های غیر زیستی بر کلزا نشان دهنده کاهش

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L یکی از مهم ترین گونه‌های زراعی از جنس کلمیان و متعلق به خانواده چلیپائیان است. تنش خشکی از جمله تنش‌های غیر زنده محیطی است که به عنوان مهم ترین

(kusravan, 2011) نشان داد که ارقام حساس به خشکی در کلزا، دارای هدایت روزنه ای کمتری نسبت به ارقام متحمل تر بودند. تنش خشکی، افزایش دمای کانوپی را به همراه خواهد داشت که از طریق تأثیر بر مقاومت روزنه ای و ورود CO<sub>2</sub> به داخل برگ، بر مقدار فتوسنتز اثر می گذارد (Jensen et al., 1996). با بررسی (Fischer & Maurer, 1978) تأثیر عملکرد بالقوه بر روی عملکرد در شرایط تنش خشکی در گندم، شاخص حساسیت نسبی را ارائه نمودند. هر چه مقدار شاخص حساسیت به تنش برای یک ژنوتیپ در شرایط رطوبتی مناسب و شرایط رطوبتی محدود (تنش کم آبی) کمتر باشد، آن ژنوتیپ مقاومت بیشتری دارد. (Behmaram et al., 2006) در یک مطالعه با بررسی مقاومت به خشکی کلزای بهاره مشخص کردند که شاخص تحمل تنش (STI) در مقایسه با شاخص حساسیت به تنش (SSI) معیار مناسب تری جهت ارزیابی مقاومت به خشکی است. ترکیب مناسبی از ژنوتیپ و تاریخ کاشت در گیاهان زراعی یکی از مهم ترین عوامل موثر برای رسیدن به عملکرد بالا و اقتصادی است. در تاریخ کاشت مناسب، مراحل رویشی و زایشی گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق شده و بازدهی فتوسنتز، انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه ها و در نهایت عملکرد گیاه افزایش پیدا می کند (et al., 2010). (Safari Neupane et al., 2019) گزارش داد که از مرحله گلدهی به بعد، قطع آبیاری منجر به کاهش سطح محتوای نسبی آب برگ در گیاه دانه روغنی کاملینا (*camelina sativa L.*) شد، اما میزان این کاهش برای ارقام مختلف متفاوت بود. با تأخیر در تاریخ کاشت زمان گرده افشانی کلزا جلو می افتد و

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 (به ویژه تحت تنش گرمایی) بوده است (Soolanayakanahally & Elferjani, 2018). این شرایط نامطلوب از طریق افزایش تشکیل گونه‌های اکسیژن فعال مانند پراکسید هیدروژن، سوپراکسید و هیدروکسیل باعث افزایش نشت الکترون به اکسیژن مولکولی می‌شود. اما تولید بیش از حد اکسیژن فعال می‌تواند باعث تنش اکسیداتیو شود که به رنگدانه‌های فتوسنتزی، لپید غشا، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک و متابولیسم‌های طبیعی خسارت وارد می‌کند (Salehi Shanjani et al., 2015). پرولین نقش جاروب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن که به غشاء سلولی آسیب می‌زنند را به عهده دارد (Anjum et al., 2015). انباشت قندهای محلول در شرایط تنش علاوه بر نقش‌های فیزیولوژیکی نظیر تامین انرژی و جلوگیری از مرگ گیاه باعث کاهش پتانسیل اسمزی شده و از طریق تنظیم اسمزی موجب بالاتر نگاه داشتن میزان آب نسبی شده و به این ترتیب در سازوکار تحمل به خشکی نقش مهمی دارند (Sperdouli et al., 2012).

میزان تغییر در کربوهیدرات‌ها به عنوان تنظیم کننده‌های اسمزی، یکی از شاخص‌های مهم در متابولیسم گیاه تحت تنش‌های کم آبی است. علت افزایش پروتئین در تنش خشکی نشان از بروز افزایش برخی ژن‌های وابسته به متابولیسم اولیه، تنظیم اسمزی، تغییر ساختمان و تجزیه پروتئین می‌باشد (Jiang & Zhang, 2002). گزارش‌های

تأخیر تاریخ کاشت به منظور گزینش ارقام برتر برای توصیه در کشت پاییزه کلزا بود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش طی مدت دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۵-۹۶ در مزرعه مهندسی زراعی آب و خاک پارس واقع در کرج با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی، با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا به صورت آزمایش اسپیلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. میانگین بارندگی سالیانه منطقه، ۲۴۳ میلی‌متر و بارندگی به طور عمده در اواخر پاییز و اوایل بهار اتفاق می‌افتد. زمین انتخابی آزمایش در سال قبل تحت کشت گندم بود. قبل از انجام آزمایش، از خاک مزرعه در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه برداری گردید. نتایج حاصل از تجزیه خاک مزرعه در جدول ۱ درج گردیده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق نمونه برداری (سانتی متر)	۰-۳۰	۳۰-۶۰
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۲/۲	۱/۷
اسیدیته خاک	۷/۷	۷/۸
درصد اشباع	۳۶	۳۹/۵
درصد کربن آلی	۰/۵۳	۰/۴۲
فسفر قابل جذب (پی پی ام)	۹/۷	۴/۵۲
پتاسیم قابل جذب (پی پی ام)	۱۶۸	۱۷۵
درصد نیتروژن کل	۰/۰۹	۰/۰۷
درصد رس	۲۹	۲۷
درصد سیلت	۴۵	۴۶
درصد شن	۲۶	۲۷
بافت خاک	لوم	لوم رسی

سبب تسریع رشد رویشی و زایشی شده و نهایتاً باعث کوتاه شدن فاز زایشی و کاهش درصد عملکرد دانه و روغن می‌شود (Rezayian et al., 2018).

به طور کلی تاثیر خشکی به عواملی مانند کارایی ژنوتیپ‌ها، شدت و طول مدت تنش، شرایط آب و هوایی، رشد و مرحله نموی کلزا بستگی دارد (Robertson & Holland, 2004). تأخیر در تاریخ کاشت مناسب کلزا باعث شد دوره رسیدگی گیاه با دمای بالای محیط برخورد کند و در نتیجه با افزایش در میزان تنفس خورجین‌ها، مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد و در نتیجه وزن دانه‌ها به طور معنی‌داری افت می‌کند که در نهایت با کاهش چشم‌گیر عملکرد بوته همراه خواهد بود (Gan et al., 2004). روی این اصل با الهام از یافته‌های فوق، هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی ارقام کلزا در شرایط قطع آبیاری در مرحله انتهایی رشد زایشی (خورجین دهی تا رسیدن کامل) و

صورت فاکتوریل در کرت های فرعی قرار گرفتند. مشخصات ارقام مورد آزمایش در جدول ۲ درج گردیده است

تیمار ها شامل آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد در کرت های اصلی و تاریخ کاشت در دو سطح شامل تاریخ کاشت پنجم مهرماه و پنجم آبان ماه و چهار رقم کلزا دارای تیپ رشد زمستانه شامل تاسیلو با مبدا کشور آلمان و الویس، نپتون و اوکاپی با مبدا کشور فرانسه به

جدول ۲- مشخصات ارقام مورد آزمایش

ارقام	مبدأ	نوع رقم	مناطق کشت	تیپ رشد	میزان روغن (درصد)	کیفیت روغن
تاسیلو	آلمان	هیبرید	معتدل سرد و سرد	زمستانه	۴۵	دوصفر
الویس	فرانسه	هیبرید	معتدل سرد و سرد	زمستانه	۴۴	دوصفر
نپتون	فرانسه	هیبرید	معتدل سرد و سرد	زمستانه	۴۶	دوصفر
اوکاپی	فرانسه	OP	معتدل سرد و سرد	زمستانه	۴۳	دوصفر

پتاسیم (قبل از تهیه بستر) و کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم طی سه مرحله (۱۰۰ کیلوگرم به صورت پایه، ۵۰ کیلوگرم در مرحله ساقه دهی و ۵۰ کیلوگرم در مرحله گل دهی) به خاک اضافه شد. فاصله بین بلوک ها ۵ متر و فاصله بین کرت های اصلی، دو متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کشت پنج متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی متر و فاصله بوته ها روی خطوط کاشت پنج سانتی متر بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه منظور شد. کاشت در هر دو سال در تاریخ کاشت های پنجم مهرماه و پنجم آبان ماه انجام گرفت و کلیه عملیات های مربوط به داشت به جز آبیاری به صورت یکسان در کلیه کرت های آزمایشی انجام شد. از علف کش بوتیزان استار (۴۱/۶ درصد سوسپانسیون) بعد از کاشت و قبل از سبز شدن به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار برای کنترل طیف وسیعی از علف های هرز نازک برگ و پهن برگ به ویژه علف های هرز هم خانواده

دور آبیاری بر اساس ۸۰ میلی متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A صورت گرفت به طوری که در هر بار آبیاری، ۸۰ درصد آب تبخیر شده یعنی برابر با ۶۴ میلی متر یا ۶۴۰ متر مکعب در هکتار توسط کنتور حجمی اندازه گیری و وارد کرت ها شد. آبیاری برای اعمال تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی به طور کامل قطع گردید. به عبارت دیگر تا قبل از این مرحله آبیاری برای تیمارهای قطع آبیاری، کاملاً مشابه تیمار آبیاری معمول بود. برای تیمار آبیاری معمول در هشت مرحله و برای تیمار قطع آبیاری در شش مرحله (دو نوبت کمتر از شرایط آبیاری معمول) صورت گرفت. در کل، میزان آب مصرفی برای تیمار آبیاری معمول ۵۱۲۰ متر مکعب در هکتار و برای تیمار قطع آبیاری حدود ۳۸۴۰ متر مکعب در هکتار بود. مقادیر کود مورد نیاز براساس نتایج آنالیز خاک و توصیه کودی اعمال شد. کودهای فسفر و

اعمال تنش در مرحله خورجین دهی در ساعت هفت صبح سه برگ جوان و توسعه یافته از بالای پوشش گیاهی از سه ردیف میانی هر کرت برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. بلافاصله وزن تر (FW)، وزن اشباع (SW) و وزن خشک آنها (DW) توزین و با استفاده از رابطه ۴ میزان محتوای نسبی آب برگ برحسب درصد بدست آمد.

(رابطه ۴)

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

#### استخراج پرولین برگ

مقدار پرولین برگ ها از طریق روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) اندازه گیری شد. در مرحله خورجین دهی وپانزده روز پس از اعمال قطع آبیاری، مقدار ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی (برگ) وزن شد و پس از انجام مراحل مختلف و عصاره گیری، مقدار پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری و بر حسب میلیگرم بر گرم وزن تر (mg g<sup>-1</sup> FW) قرائت شد.

#### اندازه گیری محتوای پروتئین کل

برای سنجش محتوای پروتئین از روش برادفورد (۱۹۷۶) استفاده گردید. برای این منظور ۰/۱ گرم از بافت ریشه و برگ ها در ۱۰ میلی لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار ساییده و عصاره حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. مقدار ۱ میلی لیتر بافر برادفورد (۱۰ درصد معرف رنگی کوماسی بیرلیانت بلو G-250 با ۵ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد (v/v) با ۰/۱ میلی لیتر عصاره پروتئینی مخلوط گردید. پس از ۵ دقیقه جذب نمونه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. محتوای پروتئین کل با واحد میلیگرم بر گرم وزن تر (mg. g<sup>-1</sup> FW) بیان گردید.

کلزا استفاده شد. به منظور افزایش قدرت رشد رویشی اولیه و حفظ یکنواختی در توسعه برگ های گیاه کلزا و غلبه بر سایه اندازی علف های هرز و دست یابی به تراکم بوته مورد نظر (۴۵ بوته در متر مربع) در مرحله ۴ تا ۶ برگی نسبت به تنک مزرعه اقدام شد.

#### اندازه گیری رنگیزه های فتوسنتزی

اندازه گیری کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل (a + b) از روش Arnon (۱۹۶۷) و در مرحله خورجین دهی و پانزده روز پس از اعمال تنش پانزده روز پس از اعمال قطع آبیاری صورت گرفت، ۱۰۰ میلی گرم از بافت تر برگ های جوان و توسعه یافته بالای پوشش گیاهی بلافاصله توسط نیتروژن مایع فریز و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات نهاده های کشاورزی کرج منتقل شد. با استفاده از اعداد به دست آمده در دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار کلروفیل برحسب میلیگرم بر گرم وزن تازه (mg g<sup>-1</sup>FW) و با استفاده از روابط ۱ تا ۳ محاسبه گردید. در این روابط، V حجم محلول صاف شده، W وزن تر نمونه استفاده شده برحسب گرم و A جذب نور در طول موج های ۶۶۳ و ۶۴۵ 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)

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

#### سنجش محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ از روش (Ritchie et al., 2019) اندازه گیری شد. بدین منظور ۱۵ روز بعد از

$$STI = (Yp \cdot \times \cdot Ys) / (\bar{Y}p)^2 \quad (\text{رابطه ۷})$$

### عملکرد دانه و وزن هزار دانه

پس از رسیدگی فیزیولوژیکی برای تعیین میزان عملکرد دانه از مساحت نه متر مربع از هر کرت آزمایشی به طور جداگانه کف بر شده و جهت خشک شدن نهایی و رسیدن به رطوبت ۱۲ درصد، به مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری و پس از جداسازی دانه‌ها از خورجین، وزن دانه‌ها با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه‌ها بر حسب کیلو گرم در هکتار محاسبه شد. برای تعیین وزن هزار دانه، مقداری از بذور هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و با دستگاه بذر شمار تعداد هزار دانه شمارش و پس از میانگین‌گیری طی سه مرحله با ترازوی دقیق آزمایشگاهی بر حسب گرم توزین شد.

### تجزیه آماری

پس از انجام آزمون بارتلت جهت همگن بودن واریانس‌ها، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد برآورد گردید. همبستگی بین صفات از روش پیرسون و تجزیه خوشه‌ای (دندروگرام) صفات مورد مطالعه ارقام کلزا تعیین گردید.

### نتایج و بحث

#### کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و برهم کنش تاریخ کاشت  $\times$  رقم بر میزان کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین برهم کنش

### اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات محلول

برای اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات محلول از روش شلیگل (۱۹۸۶) استفاده گردید. از نمونه برگ‌های تهیه شده از بخش‌های هوایی گیاهان در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و آسیاب شدند. ۰/۱ گرم از نمونه آسیاب شده توزین و درون لوله آزمایش حاوی ۱۵ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد اضافه و توسط کاغذ واتمن صاف گردید. ۴۵ دقیقه پس از آماده‌سازی محلول‌ها و تثبیت رنگ محلول‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (با استفاده از نور عبوری) در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت و محتوای کربوهیدرات با استفاده از محلول‌های استاندارد گلوکز و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{DW}$ ) محاسبه گردید.

### اندازه‌گیری شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی

#### شاخص حساسیت به تنش (SSI)

معیاری برای تعیین مقاومت یا تحمل به تنش است که بتواند ژنوتیپ‌ها را تشخیص دهد. شدت تنش (SI) و شاخص تحمل به تنش (STI)، به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت هر دو شرایط تنش و غیر تنش را مورد ارزیابی قرار می‌دهد و مقادیر بالاتر شاخص STI نمایانگر تحمل به تنش بالاتر و عملکرد بالقوه بیشتر آن ژنوتیپ می‌باشد. با استفاده از عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش رطوبتی ( $Y_s$ ) و عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش ( $Y_p$ ) شاخص‌های کمی به تنش کم آبی (حساسیت) از روابط ۵ و ۶ ارائه شده توسط فیشر و مائور (۱۹۷۸) و شاخص تحمل از رابطه ۷ فرناندز (۱۹۹۲) محاسبه شدند.

$$SSI = (1 - [Y_s \div Y_p]) / SI \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$SI = 1 - (\bar{Y}_s \div \bar{Y}_p) \quad (\text{رابطه ۶})$$

آبیاری و تاریخ کاشت زودتر کمترین میزان کلروفیل کل را به مقدار  $0.77$  میلی گرم بر گرم وزن تر را به خود اختصاص داد (جدول ۴). کاهش کلروفیل در گیاهان جنبه سازگاری داشته با این کار الکترون‌های برانگیخته شده طی فرآیند فتوسنتز، کاهش و در نتیجه خسارت ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن کمتر می‌شود (Kranter *et al.*, 2002).  
تداوم فرآیند فتوسنتز و حفظ ظرفیت کلروفیل برگ‌ها در شرایط تنش خشکی از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش بشمار می‌رود و به عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم پیشنهاد می‌شود (Pessarkli, 1999). به طور کلی 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).

تاریخ کاشت  $\times$  رقم نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه در هر یک از تاریخ‌های تعیین شده (پنج‌مهرماه و پنج‌آبان‌ماه) مشاهده نگردید به طوری که بیشترین میزان کلروفیل *a* از رقم الویس ( $1/45$  میلیگرم بر گرم وزن تر) در تاریخ کاشت پنج‌مهرماه به دست آمد. اثر آبیاری، رقم، برهم‌کنش تاریخ کاشت  $\times$  رقم و آبیاری  $\times$  تاریخ کاشت  $\times$  رقم بر میزان کلروفیل *b* در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۳). نتایج بدست آمده از برهم‌کنش آبیاری  $\times$  تاریخ کاشت  $\times$  رقم بر میزان کلروفیل *b* نشان داد رقم نیتون بیشترین مقدار کلروفیل *b* را در هر دو تاریخ کاشت (پنج‌مهرماه و پنج‌آبان‌ماه) به ترتیب با مقادیر  $0.34$  و  $0.31$  میلیگرم بر گرم وزن تر و تحت شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری به خود اختصاص داد (جدول ۴). 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 *et al.*, 2016) 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 تاثیر اثر آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و برهم‌کنش آبیاری  $\times$  رقم، تاریخ کاشت  $\times$  رقم و آبیاری  $\times$  تاریخ کاشت  $\times$  رقم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت و اثر سال تنها در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با بررسی نتایج اثر متقابل ترکیبی آبیاری  $\times$  تاریخ کاشت  $\times$  رقم بر میزان کلروفیل کل، رقم الویس بیشترین کلروفیل کل را در هر دو تاریخ کاشت (پنج‌مهرماه و پنج‌آبان‌ماه) به ترتیب با مقادیر  $1/59$  و  $1/88$  میلی‌گرم بر گرم وزن تر و تحت شرایط آبیاری معمول و رقم تاسیلو در شرایط قطع

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه ارقام کلزا در سطوح مختلف آبیاری و تاریخ کاشت طی دو سال زراعی

عملکرد دانه	میانگین مربعات										درجات آزادی	منابع تغییرات
	وزن هزار دانه	تحميل خشکی	حساسیت خشکی	کربوهیدرات محلول	پروتئین محلول	میزان پرولین	محتوای نسبی آب	میزان کلروفیل کل	میزان کلروفیل b	میزان کلروفیل a		
۴۴۶۹۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۵۸ <sup>**</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۳/۸۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>*</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۱	سال
۷۲۹/۱۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۶	۰/۲۹	۰/۳	۰/۰۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۳	۴	تکرار(سال)
۳۵۶۱۲۵۱/۰۴ <sup>**</sup>	۲/۵۹ <sup>**</sup>	۰/۴۲ <sup>**</sup>	۰/۲۹ <sup>**</sup>	۱۷/۹۷ <sup>**</sup>	۳۳/۲۵ <sup>**</sup>	۰/۶۹	۹۴۴۸/۶ <sup>**</sup>	۱/۰۶ <sup>**</sup>	۰/۰۳ <sup>**</sup>	۰/۷۶ <sup>**</sup>	۱	آبیاری
۸۴/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۴۴ <sup>**</sup>	۰/۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۱	سال × آبیاری
۴۳۱۵/۲۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۴۱	۱/۴۲	۲/۳۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۱	۴	اشتباه اصلی
۲۹۷۸۶۲۶/۰۴ <sup>**</sup>	۱/۲۵ <sup>**</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۱۹/۱۷ <sup>**</sup>	۲/۲۱ <sup>*</sup>	۳/۴۸ <sup>ns</sup>	۰/۷۶ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۷۴ <sup>**</sup>	۱	تاریخ کاشت
۷۵۹/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۱	سال × تاریخ کاشت
۳۳۸۴/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۱ <sup>ns</sup>	۲/۲۶ <sup>*</sup>	۱/۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۱	آبیاری × تاریخ کاشت
۵۵۱/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۱	سال × آبیاری × تاریخ کاشت
۴۸۹۷۸۹/۹۳ <sup>**</sup>	۱/۳۷ <sup>**</sup>	۰/۱۳ <sup>**</sup>	۰/۰۹ <sup>**</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۵۲/۹۹ <sup>**</sup>	۱۹/۷۸	۱۱/۷۱ <sup>**</sup>	۱/۹۹ <sup>**</sup>	۰/۰۸ <sup>**</sup>	۱/۷۳ <sup>**</sup>	۳	رقم
۲۰۱/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۳	سال × رقم
۵۶۴۵/۴۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۸ <sup>**</sup>	۰/۰۲ <sup>**</sup>	۰/۰۰۹ <sup>**</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۲/۲۹ <sup>**</sup>	۱۵/۴۹	۲۳/۱۵ <sup>**</sup>	۰/۰۰۷ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۳	آبیاری × رقم
۲۴۵۳/۸۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۹ <sup>*</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۱/۴ <sup>*</sup>	۲/۵۵ <sup>**</sup>	۲۲/۶۸ <sup>**</sup>	۰/۰۲ <sup>**</sup>	۰/۰۰۸ <sup>**</sup>	۰/۰۴ <sup>**</sup>	۳	تاریخ کاشت × رقم
۸۷/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۳	سال × آبیاری × رقم
۸۹/۹۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۳	سال × تاریخ کاشت × رقم
۱۸۰۳۹/۹۳ <sup>*</sup>	۰/۰۱۴ <sup>*</sup>	۰/۰۰۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۱/۷۶ <sup>**</sup>	۲/۱۲ <sup>**</sup>	۲۳/۷۳ <sup>**</sup>	۰/۰۰۸ <sup>**</sup>	۰/۰۰۰۰۴ <sup>**</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۳	آبیاری × تاریخ کاشت × رقم
۱۴۶۴۱/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۳	سال × آبیاری × تاریخ کاشت × رقم
۱۷۱۶/۶۶	۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۹۵	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۹	۵۶	اشتباه فرعی
۲/۲۸	۰/۰۰۵	۶/۳۷	۶/۳۹	۶/۲۵	۱۰/۲۵	۴/۷۷	۱/۲۳	۷/۲	۹/۷۲	۷/۶۲		ضریب تغییرات (درصد)

\*\* تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد. \* تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد. <sup>ns</sup> عدم وجود تفاوت معنی دارند.



### محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری، رقم و برهم کنش آبیاری × رقم، تاریخ کاشت × رقم و برهم کنش آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین برهم کنش آبیاری × تاریخ کاشت × رقم نشان داد که تحت شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری رقم تاسیلو در تاریخ کاشت پنجم مهرماه بیشترین و کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ بترتیب به مقدار ۹۰/۹۹ درصد و ۶۶/۰۶ درصد به خود اختصاص داد در حالی که تحت شرایط آبیاری معمول تفاوت معنی‌داری بین ارقام در تاریخ‌های کشت مختلف از لحاظ این صفت مشاهده نگردید (جدول ۴). بالا بودن 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 ریشه‌ای و یا اندازه و زاویه برگ می‌باشد (Abdoli et al., 2013). کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش کم آبی می‌تواند بدلیل 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).

### میزان تجمع پرولین

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد میزان تجمع پرولین به طور معنی‌داری تحت تاثیر اثر آبیاری، رقم برهم کنش‌های آبیاری × رقم، تاریخ کاشت × رقم و آبیاری × تاریخ کاشت × رقم در

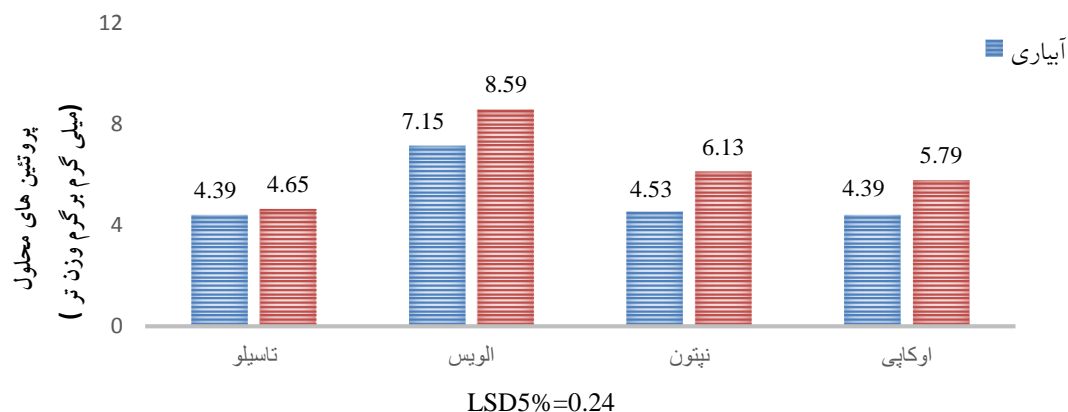
سطح احتمال یک درصد قرار داشت. اثر تاریخ کاشت و برهم کنش آبیاری × تاریخ کاشت نیز تنها در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهم کنش آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر میزان تجمع پرولین نشان داد تحت شرایط قطع آبیاری بیشترین میزان تجمع پرولین با ۱۸/۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به رقم الویس 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 ۴). 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 & 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 & Mortezaie Nejad, 2017).

### میزان پروتئین‌های محلول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان پروتئین‌های محلول در کلزا به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت اثر آبیاری، تاریخ کاشت، رقم، برهم کنش‌های آبیاری × رقم و آبیاری × تاریخ کاشت × رقم قرار داشت و برهم کنش تاریخ کاشت × رقم بر میزان پروتئین‌های محلول تنها در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین برهم کنش آبیاری × رقم نشان داد که رقم الویس در شرایط قطع آبیاری با اختلاف معنی‌دار ۸/۵۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نسبت به سایر ارقام میزان پروتئین محلول بیشتری را به خود اختصاص داد. این رقم تحت شرایط آبیاری

آبیاری × تاریخ کاشت × رقم قرار گرفت به طوری که تحت شرایط قطع آبیاری بیشترین میزان پروتئین های محلول با ۹/۷۴ میلی گرم بر گرم وزن تازه به رقم الویس در تاریخ کاشت زودتر اختصاص داشت، در صورتی که رقم تاسیلو تحت اعمال شرایط آبیاری معمول در تاریخ کاشت دیرتر میزان تجمع پایین تری از پروتئین های محلول با ۳/۸۳ میلی گرم بر گرم وزن تازه را نمایش داد (جدول ۴).

معمول تفاوت معنی داری با سایر ارقام به جز رقم تاسیلو که دارای کمترین میزان پروتئین بود نداشت (شکل ۱). در خصوص میزان پروتئین دانه که یکی از اجزاء مهم کیفیت دانه است نتایج متناقضی وجود دارد. (Sinaki et al., 2007) نیز گزارش کردند که در اثر قطع آبیاری دانه های خورجین های در حال رشد نیتروژن بالایی را برای ساخت پروتئین دریافت کردند. میزان پروتئین محلول تحت تاثیر برهم کنش

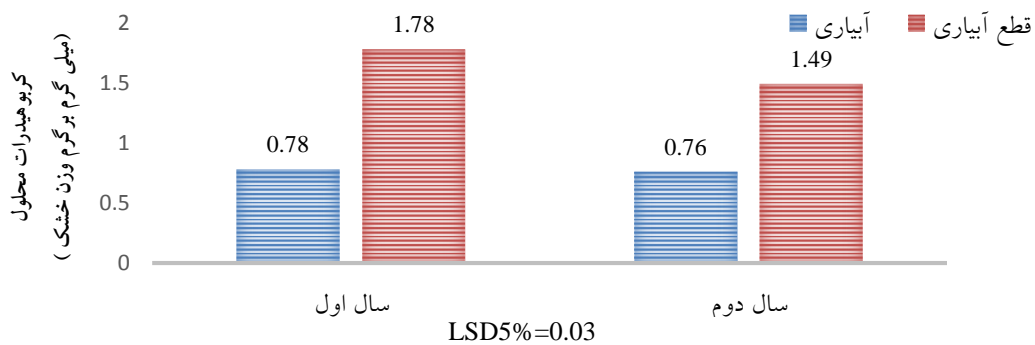


شکل ۱- برهم کنش آبیاری × رقم بر میزان پروتئین های محلول در برگ کلزا. میانگین هایی که اختلاف شان از LSD بزرگتر است، در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی دار دارند.

نتایج حاصل از برهم کنش سال × آبیاری بر میزان کربوهیدرات های محلول نشان داد تحت شرایط قطع آبیاری بیشترین میزان کربوهیدرات هایی محلول با ۱/۷۸ میلی گرم بر گرم وزن خشک در سال اول کاشت به دست آمد. کمترین میزان کربوهیدرات های محلول در سال دوم کاشت و تحت شرایط آبیاری معمول حاصل گردید (شکل ۲).

### میزان کربوهیدرات های محلول

با بررسی نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده ها مشخص شد اثر آبیاری و برهم کنش سال × آبیاری در سطح احتمال یک درصد میزان کربوهیدرات های محلول معنی دار گردیدند (جدول ۳). (Si et al., 2003) بیان داشتند که افزایش در میزان کربوهیدرات های محلول ارتباط مستقیمی با مقاومت به شرایط تنش دارد.



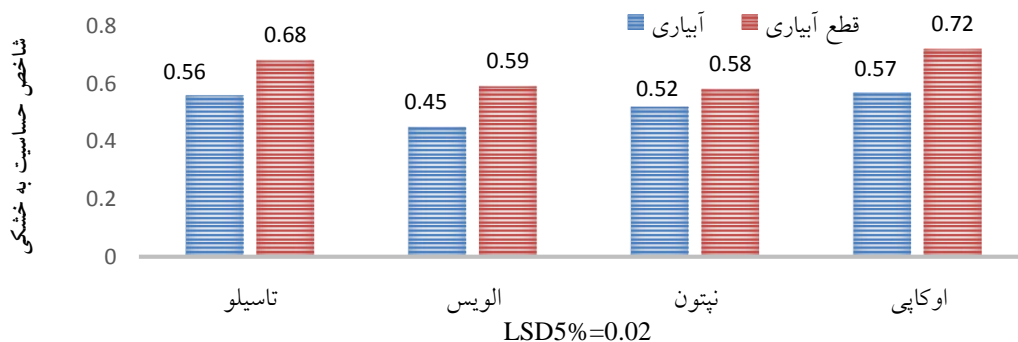
شکل ۲- برهم کنش سال × آبیاری بر میزان کربوهیدرات‌های محلول در برگ کلزا. میانگین‌هایی که اختلاف شان از LSD بزرگتر است، در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی دار دارند.

کاهش انتقال قند‌ها از برگ به سایر قسمت‌های گیاه است (Zhang et al., 2012).

#### حساسیت خشکی: بررسی نتایج تجزیه واریانس

داده‌ها سال نشان داد که شاخص حساسیت به خشکی در کلزا به طور معنی داری در سطح احتمال یک درصد تحت اثرات آبیاری، رقم و برهم کنش آبیاری × رقم قرار داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهم کنش آبیاری × رقم نشان داد کمترین حساسیت به خشکی در شرایط آبیاری معمول متعلق به رقم الویس بود و رقم اوکاپی با قرار گرفتن در شرایط قطع آبیاری بیشترین حساسیت را به خشکی نشان داد (شکل ۳).

(Farooq et al., 2009) گزارش کردند که میزان کربوهیدرات‌های محلول در اثر تنش خشکی کاهش پیدا می‌کند که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد. این تناقض (افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در اثر تنش خشکی) شاید بتوان به عنوان یک مکانیسم دفاعی در کلزا تحت شرایط خشکی دانست. همچنین کاهش میزان کربوهیدرات‌های محلول در اثر تنش‌های محیطی را می‌توان به افزایش تنفس غیر هوازی در اثر افزایش شدت تنش دانست زیرا در این شرایط گیاه با تنفس غیر هوازی گیاهان ترجیح می‌دهند با تبدیل مواد قندی بقای خود را حفظ کنند (Hosseini et al., 2011). افزایش محتوای قند‌های محلول تحت تنش خشکی ممکن است به دلیل افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز هیدرولیز نشاسته به قند‌های ساده تر و

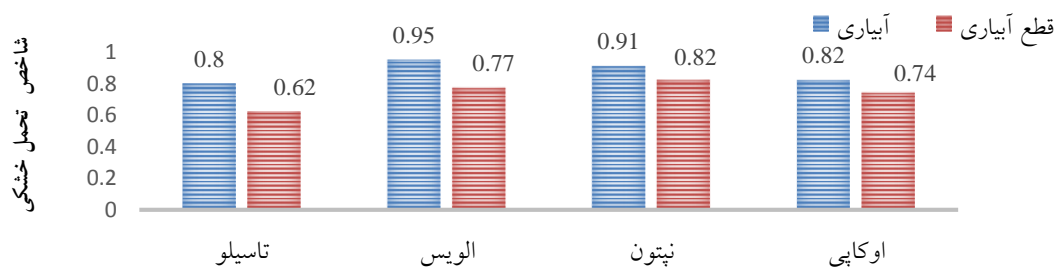


شکل ۳- برهم کنش آبیاری × رقم بر شاخص حساسیت به خشکی در کلزا. میانگین‌هایی که اختلاف شان از LSD بزرگتر است، در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی دار دارند.

**تحمل خشکی**

همچنین کمترین حساسیت به تنش خشکی رقم الویس می‌تواند به عنوان رقم مناسب برای شرایط تنش خشکی باشد. طبق نظریه Fernandez (۱۹۹۲) مناسب‌ترین شاخص آن است که در هر دو شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی با عملکرد همبستگی نسبتاً بالا و معنی‌داری داشته باشد. (Rashidi *et al.*, 2017) با بررسی معیارهای مختلف مربوط به تنش خشکی در کلزا گزارش کردند که استفاده از دو معیار مقاومت به خشکی و حساسیت به خشکی برای تشخیص لاین‌های مقاوم به خشکی معیارهای مناسبی نیستند که نتایج مطالعه حاضر را تأیید می‌کند.

شاخص تحمل خشکی در ارقام کلزا مورد آزمایش به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر آبیاری، رقم و همچنین برهم‌کنش آبیاری × رقم قرار گرفت و اثر تاریخ کاشت بر میزان مقاومت در مقابل تنش خشکی در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری × رقم نشان داد بیشترین مقاومت به خشکی در شرایط آبیاری معمول متعلق به رقم الویس بود و رقم اوکاپی با قرار گرفتن در شرایط قطع آبیاری کمترین مقاومت را به خشکی نشان داد (شکل ۴). با در نظر گرفتن عملکرد مطلوب در شرایط آبیاری بهینه و تنش خشکی و



LSD5%=0.03

شکل ۴- برهم‌کنش آبیاری × رقم بر شاخص تحمل به خشکی در کلزا. میانگین‌هایی که اختلاف شان از LSD بزرگتر است، در سطح پنج درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر صفات مورد مطالعه ارقام کلزا

عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	پروتئین های محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	میزان کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	میزان کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	رقم	تاریخ کاشت	آبیاری
۳۰۳۶/۶۶	۴/۳۱	۴/۹۵	۸/۶۸	۹۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۲۴	تاسیلو		
۳۳۴۶/۶۷	۴/۹۸	۷/۵۱	۸/۸۱	۹۰/۲۸	۱/۵۹	۰/۲۸	الویس	پنجم مهر	
۳۲۲۰/۰۰	۴/۶۳	۴/۹۶	۸/۰۷	۹۰/۰۴	۱/۴۱	۰/۳۴	نپتون	ماه	
۳۱۰۳/۳۳	۴/۳۷	۴/۷۰	۸/۶۸	۹۰/۳۶	۱/۲۱	۰/۲۸	اوکاپی		آبیاری کامل
۲۶۸۳/۳۳	۴/۱۸	۳/۸۳	۸/۸۲	۹۰/۸۵	۱/۰۸	۰/۲۴	تاسیلو		
۳۰۳۰/۰۰	۴/۷۷	۶/۷۹	۸/۷۴	۹۰/۳۰	۱/۸۸	۰/۲۸	الویس	پنجم آبان	
۲۸۷۰/۰۰	۴/۶۰	۴/۱۱	۸/۰۹	۸۹/۸۶	۱/۶۶	۰/۳۰	نپتون	ماه	
۲۷۳۶/۶۷	۴/۲۷	۴/۰۷	۸/۵۹	۹۰/۰۶	۱/۳۸	۰/۳۲	اوکاپی		
۲۹۱۳/۳۳	۴/۱۸	۴/۷۸	۱۳/۸۰	۶۶/۰۶	۰/۷۷	۰/۲۰	تاسیلو		
۳۲۱۱/۶۷	۴/۵۶	۹/۷۴	۱۸/۸۸	۷۴/۵۵	۱/۳۸	۰/۲۴	الویس	پنجم مهر	
۳۰۸۱/۶۱	۴/۳۹	۶/۷۱	۱۵/۰۸	۷۲/۲۶	۱/۲۳	۰/۳۱	نپتون	ماه	
۲۹۷۶/۶۷	۴/۲۹	۵/۸۵	۱۴/۴۸	۷۰/۳۶	۱/۰۶	۰/۲۵	اوکاپی		قطع آبیاری
۲۵۴۰/۰۰	۳/۷۳	۴/۵۱	۱۴/۴۰	۷۰/۸۴	۰/۹۲	۰/۲۱	تاسیلو	پنجم آبان	
۲۸۸۰/۰۰	۴/۲۶	۷/۴۴	۱۶/۶۲	۷۰/۳۰	۱/۵۷	۰/۲۵	الویس	ماه	
۲۷۲۸/۳۳	۴/۱۱	۵/۵۶	۱۴/۲۸	۶۹/۶۴	۱/۴۲	۰/۲۵	نپتون		
۲۶۰۳/۳۳	۳/۹۷	۵/۷۴	۱۴/۵۰	۷۰/۰۱	۱/۱۵	۰/۲۹	اوکاپی		
۳۸/۶۵	۰/۰۴	۰/۳۴	۰/۶۴	۱/۱۲	۰/۰۳۳	۰/۰۰۷		LSD 5%	

میانگین هایی که اختلاف شان از LSD بزرگتر است، در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی دار دارند.

**وزن هزار دانه**

عملکرد، برخورد مراحل پرشدن دانه با آب و هوای خنکتر است که از طریق افزایش وزن هزار دانه، عملکرد افزایش می‌یابد (Shabani *et al.*, 2010). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در خصوص اثر متقابل آبیاری × تاریخ کاشت × رقم نیز نشان داد که با به تاخیر افتادن تاریخ کاشت و قطع آبیاری میزان کاهش وزن در ارقام مورد بررسی به طور معنی داری متفاوت بود به طوری که بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۴/۹۸ گرم به رقم الویس تحت شرایط آبیاری معمول و تاریخ کاشت زودتر (پنجم مهرماه) و کمترین وزن هزار دانه به رقم تاسیلو تحت شرایط قطع آبیاری و تاخیر در تاریخ کاشت (پنجم آبان ماه) اختصاص داشت (جدول ۴). افزایش وزن هزار دانه را می‌توان به طول دوره یا سرعت پر شدن دانه نسبت داد که در این خصوص قدرت مخزن نقش کلیدی دارد. (Robertson & Holland, 2017) یکی از دلایل کاهش وزن هزار دانه در اثر تاخیر کاشت را افزایش دما در طول دوره پر شدن دانه عنوان کرد.

**عملکرد دانه**

نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد اثر آبیاری، تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود و اثر متقابل آبیاری × تاریخ کاشت × رقم بر عملکرد دانه کلزا در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۳)، به طوری که رقم الویس بیشترین عملکرد دانه را در تاریخ پنجم مهرماه و تحت شرایط آبیاری معمول بامیانگین ۳۳۴۶/۶۷ کیلوگرم درهکتار به خود اختصاص داد. کمترین عملکرد دانه به رقم تاسیلو در شرایط قطع آبیاری آبیاری و در تاریخ کاشت دیرتر (پنجم آبان

وزن هزار دانه بیان کننده اهمیت نمو دانه است و نقش مهمی را در میان اجزای عملکرد برای نشان دادن توان عملکرد یک رقم ایفا می‌کند. طبق نتایج بدست آمده در جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، وزن هزار دانه کلزا به طور معنی داری در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیرات آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و برهم کنش آبیاری × تاریخ کاشت و آبیاری × رقم و برهم کنش تاریخ کاشت × رقم و آبیاری × تاریخ کاشت × رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید. مقایسه اثر متقابل آبیاری × تاریخ کاشت نشان داد که تاریخ کاشت پنجم مهرماه در شرایط آبیاری معمول با میانگین ۴/۵۷ گرم و پس از آن تاریخ کاشت پنجم آبان تحت شرایط آبیاری نرمال با میانگین ۴/۴۶ گرم بالاترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). برهم کنش آبیاری × رقم نشان داد که بیشترین میزان وزن هزار دانه مربوط به رقم الویس با میانگین ۴/۲۵ گرم در شرایط آبیاری معمول و کمترین آن مربوط به رقم تاسیلو با میانگین ۳/۹۵ گرم در شرایط قطع آبیاری تعلق گرفت. اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم دلالت بر این داشت که بیشترین میزان وزن هزار دانه با میانگین ۴/۷۷ گرم به تاریخ کاشت زود هنگام تر (پنجم مهرماه) به رقم الویس و کمترین وزن هزار دانه با میانگین ۳/۹۶ گرم به تاریخ کاشت دیر تر (پنجم آبان ماه) به رقم تاسیلو اختصاص یافت. با توجه به اینکه رقم الویس دارای سرعت بالای رشد اولیه می باشد با دمای بالای آخر فصل برخورد نکرده و عوامل محیطی مناسب تر در دوره ی پرشدن دانه آنها، سبب افزایش وزن هزار دانه این رقم شد. یکی از عوامل مهم افزایش

در جدول ۵ درج شده است. عملکرد دانه در کلزا تابع تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در گیاه است (Nasri *et al.*, 2006). عملکرد دانه با صفات فیزیولوژیکی از قبیل شاخص مقاومت خشکی ( $r=0/62^{**}$ )، میزان کربوهیدرات‌ها ( $r=0/59^{**}$ ) و پروتئین‌ها ( $r=0/21^{**}$ ) همبستگی مثبت و معنی داری را نشان داد. در گزارش (Sinaki *et al.*, 2007). به افزایش میزان پروتئین‌ها تحت شرایط خشکی اشاره گردیده است. بین شاخص مقاومت خشکی و تجمع پرولین همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده گردید. (Rezayian *et al.*, 2018). افزایش میزان پرولین را در کلزا به عنوان یک معیار برای افزایش مقاومت به خشکی بیان کردند که نتایج تحقیق حاضر را در خصوص وجود همبستگی مثبت بین مقاومت به کم آبی و افزایش میزان پرولین تایید می‌کند. طی گزارشات مختلفی بیان شده ارقامی که دارای عملکرد بالا هستند، میزان پرولین بالایی داشته و به عنوان ارقام مقاوم معرفی شده‌اند. نتایج بدست آمده حاکی از این بود که بین شاخص مقاومت به خشکی و تجمع کربوهیدرات‌های محلول در برگ همبستگی منفی معنی داری ( $r = -0/62^{**}$ ) وجود داشت، در واقع بر اساس این نتایج هرچه مقاومت به خشکی در کلزا بیشتر باشد دانه‌ها ظرفیت بالاتری برای پذیرش کربوهیدرات‌ها دارند و در نتیجه میزان کربوهیدرات‌ها تجمع یافته در برگ ارقام مقاوم‌تر بیشتر کاهش نشان می‌دهد.

ماه) به میزان ۲۵۴۰ کیلو گرم بدست آمد. به طور کلی رقم الویس در هردو تاریخ کاشت عملکرد دانه بیشتری داشت. با اعمال قطع آبیاری در تاریخ کاشت پنجم مهرماه ارقام الویس و نپتون بترتیب به مقدار ۳۲۱۱/۶۷ و ۳۰۸۱/۶۱ کیلو گرم در هکتار را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). اعمال قطع آبیاری در مرحله گلدهی و رشد خورجین‌ها و مواجه شدن گیاه کلزا با کمبود آب بدلیل تاثیر 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 تاخیر زمان کاشت کلزا به مدت 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). اگرچه نمی‌توان اثر تاخیر کاشت را در کاهش عملکرد از نظر دور داشت، تاثیر رقم نیز بر عملکرد بسیار معنی دار است (Moradi aghdam *et al.*, 2018). که نتایج این تحقیق را بیشتر حمایت می‌کند.

#### همبستگی بین صفات

همبستگی بین صفات مختلف با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون انجام گرفت و نتایج آن

جدول ۵- ضرایب همبستگی پیرسون بین برخی از ویژگی‌های مهم فیزیولوژیک و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ‌های کاشت متفاوت تحت رژیم‌های آبیاری

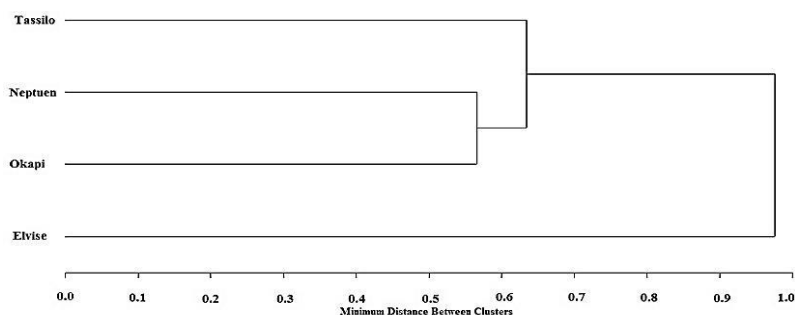
متغیرها	عملکرد دانه	مقاومت خشکی	پرولین	کربوهیدرات	پروتئین محلول
عملکرد دانه	۱	۰/۶۲**	-۰/۴۹**	۰/۵۹**	۰/۲۱**
مقاومت به خشکی		۱	۰/۵۶**	-۰/۶۲**	۰/۱۱ <sup>ns</sup>
پرولین			۱	۰/۸۹**	۰/۵۶**
کربوهیدرات محلول				۱	۰/۳۲**
پروتئین محلول					۱

\*\* تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد. \* تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد. <sup>ns</sup> عدم وجود تفاوت معنی دارند.

### گروه بندی ارقام کلزا

در شکل ۵ با استفاده از تجزیه خوشه‌ای نتایج به صورت دندوگرام نمایش داده شده است. در این مطالعه بر اساس نمودار دندوگرام رسم شده، سه خوشه تشکیل گردید. رقم Elvise بدلیل بالاترین عملکرد و مقاومت به شرایط قطع آبیاری در خوشه اول، ارقام Neptune و Okapi به لحاظ نزدیکی صفات فیزیولوژیکی در خوشه دوم و رقم Tassilo بدلیل کمترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری و قطع آبیاری و همچنین در هر دو تاریخ کاشت از خود نشان داد و در خوشه سوم قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که گروه بندی ارقام مورد مطالعه در شرایط قطع آبیاری و تأخیر تاریخ کاشت بر

اساس میزان افت عملکرد دانه و شاخص‌های فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده تحت شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری و همچنین تاریخ‌های کاشت متنوع وجود دارد و پتانسیل ژنتیکی تحمل به خشکی در آنها متفاوت است. این ژنوتیپ‌ها به علت داشتن بعضی از صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی ارزشمند هستند و با بهبود همزمان این صفات می‌توان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد و همچنین از آنها به عنوان معیارهایی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط کم‌آبی در برنامه‌های به نژادی استفاده کرد.



شکل ۵- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده در چهار رقم کلزا ( نرم افزار SAS).



## نتیجه‌گیری

محلول در برگ همبستگی منفی معنی داری وجود داشت و نشانگر بالا بودن ظرفیت دانه برای پذیرش کربوهیدرات‌ها بیشتر است و در ارقام مقاوم‌تر میزان کربوهیدرات تجمع یافته در برگ کاهش بیشتری نشان می‌دهد. رقم الویس دارای بیشترین عملکرد دانه و سازگاری مناسبی نیز به شرایط تنش خشکی داشت و به عنوان رقم مناسب برای کاشت در مناطقی مشابه منطقه آزمایش (کرج) که احتمال وقوع تنش رطوبتی در مراحل انتهایی رشد وجود دارد توصیه نمود.

اثر قطع آبیاری بر شاخص حساسیت و خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام مورد مطالعه کلزا شامل محتوای نسبی آب برگ، پرولین، کربوهیدرات محلول بیشتر از اثر تاریخ کاشت بر این صفات بود. همبستگی مثبت و معنی داری بین شاخص مقاومت خشکی و تجمع پرولین به عنوان یک معیار برای افزایش مقاومت به خشکی بیانگر مقاوم بودن ارقامی که دارای عملکرد بالا هستند. از طرفی بین شاخص مقاومت به خشکی و تجمع کربوهیدرات‌های

## REFERENCES

- Abdoli M, Saeedi M, Jalali Honarmand S, Mansourifar S, and Ghobadi ME. 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 Farsi).
- Anjum, N. A., Arena, c. and Singhgill, S. 2014. Reactive Oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROSscavengers during enviromental stress in plant. *Frontiers in Enviromental Science*.
- Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agron.J* (23):112-121.
- Ashraf, M. and M. R. Foolad. 2007. Improving plant abiotic stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. *Env. Exp. Bot.* (59):206-216.
- Bates, L. S., Walderen, R. D. and Taere, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil* (39): 205-207.
- Behmaram R, Faraji A, Amiri Oghan H. 2006. Evaluation of water deficit tolerance in spring rapeseed cultivars: proceedings of the 9th Iranian crop science congress // *Aboureyhan Campus-University of Tehran*. – Iran, p. 494–496. 2006.
- Bradford, M.M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* (72): 248- 54.
- Chegeni H, Goldani M, Shirani Rad AH, 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 Farsi).
- Din, J., Khan, S.U., Ali, I., Gurmani, A.R. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. *The Journal of Animal and Plant Sciences* (21):78-28.

- Elferjani, R., Soolanayakanahally, R. 2018. Canola responses to drought, heat, and combined stress: shared and specific effects on carbon assimilation, seed yield, and oil composition. *PlantSci* (9):1224.
- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, and S. M. A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* (29): 185–212. 2009.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.C. (Eds.) Proceedings of International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. *Shanhua, Taiwan*, pp. 257-270.
- Fischer, R.A., Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat. I: grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 897-912.
- Gan, Y., Angadi, S. V., Cutforth, H., Potts, D., Angadi, V.V., and Mc Donald, C. L. 2004. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(3): 697-704.
- Ghasemian-Ardestani, H. 2019. Evaluation of agro-physiological response of selected rapeseed cultivars to different temperature and humidity regimes for adaptation to climate change. Ph.D. Thesis in Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad.
- 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 Farsi).
- Hosseini, S.M., Hassibi, P. 2011. Effects of Water Deficit Stress on Several Quantitative and Qualitative Characteristics of Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars. *Notulae Scientiae Biologicae*, 3 (3): 120-125.
- 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 Farsi).
- Jensen, C. R., Mogensen, V. O., Mortensen, G., Fieldsend, J. K., Milford, G. F. J., Andersen, M. N. and Hage, J. H. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of fieldgrown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying evaporation demand. *Field Crop Research* (47): 93-105.
- Jiang, M. and Zhang, J. 2002. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and upregulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. *Journal of Experimental Botany* (53): 2401-2410.
- Kranner I, Beckett RP, Wornik S, Zorn M, and Pfeifhofer HW. 2002. Revival of a resurrection plant correlates with its antioxidant status. *The Plant Journal* (31): 13-24.
- Kusvuran, S. 2011. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). *African Journal of Agricultural Research* (7): 775-781. 2011.
- 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.

- Mariani, L., Ferrante, A. 2017. Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses-drought, salinity, hypoxia, and lodging. *Horticulture*, 3(4):52.
- Moradi aghdam A, Seyfzadeh. S, Sehrani rad A. H, Valadabadi S. A, 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*. 10(38):59-76.
- Nasri M, Khalatbari M, Zahedi H, Paknejad F, Tohidi-Moghadam HR. 2008. Evaluation of micro and macro elements in drought stress condition in cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3(3): 579–583.
- Pessarkli M. 1999. Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. 697 pp
- Rashidi, F., Majidi, M.M., Pirboveiry, M. Response of different species of Brassica to water deficit. *International Journal of Plant Production*, 11(1): 1-16. 2017.
- Rezayian, M., Niknam, V., 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*.
- 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 Sci* (30): 105-111.
- Robertson MJ, Holland JF. 2004. Production risk of canola in the semi-arid subtropics of Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* (55): 525-538.
- Safari, M., M. Agha Alikhany and A. S. M. Modarres Sanavy. 2010. Effect of sowing date on phenology and morphological traits of three grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 12(4): 452-466.
- Salehi Shanjani, Izadpanah, Ramezani Yeganeh, Rasoulzadeh, Kavandi, Sardabi, Pahlavani, Amirkhani and Seyedia. 2015. Comparison of the effect of drought stress on osmotic regulation, peroxidase, polyphenol peroxidazopigments in different seed samples of false chamomile and yellow chamomile *Anthemis tinctoria Tripleurospermum servanes*. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 28 (1): 126-139.
- Shabani, A., Kamgar Haghghi, A. A., Sepaskhah, AR, Imam, Y., and Honar, T. 2010. The effect of water stress on grain yield, yield components and quality of autumn rapeseed (*Brasica napus* L.) cv. Licord. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12 (4): 409- 421.
- Sharghi, Y., Shirani Rad, A. H., Ayeneh Band, A., Noormohammadi, G., 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*.10(46): 9309- 9313.
- Sheligl, H.Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Planta Journal*. 47-51. (With English abstract).
- Shirani Rad, A. H, M. Naeemi and Sh. 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., Mailer, R.J., Galwey, N. and Turner, D.W. 2003. Influence of genotype and environment on oil and protein concentrations of canola (*Brassica napus* L.) grown across southern Australia. *Aus. J. Ag. Res.* (54): 397-407.

- Sinaki, M.J., 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.). *Am-Euras. J. Agric. Environ. Sci.* (2): 417- 422.
- sperdouli, i., &moustakas, m. .2012. Interaction of prolin, sugars, and anthocyanins during photosynthetic acclimation of *Arabidopsis* to drought stress. *Journal of plant physiology*.169(6):577-585.
- Su, L., Dai, Z., Li, S., Xin, H. 2015. A novel system for evaluating drought–cold tolerance of grapevines using chlorophyll fluorescence. *BMC Plant Biology*. (15):82.
- Zhang, K. M., Yu, H. J., Shi, K., Zhou, Y. H., Yu, J. Q. and Xia, X. J. 2012. Photo protective roles of anthocyanin in *Begonia semperflorens*. *International Journal of Plant Science*. (179): 202-208.



## Evaluation of Physiological and Biochemical Characteristics of Rapeseed (*Brassica napus* L) Cultivars in Terms of Irrigation Interruption and Delay Planting Date

Peyman Davami<sup>1</sup>, Mojtaba AlaviFazel<sup>2\*</sup>, Shahram Lak<sup>3</sup>, Davood Habibi<sup>4</sup>, Afshin Mozaffari<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Department of Agronomy, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

<sup>4</sup> Associate Professor, Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

<sup>5</sup> Assistant Professor, Department of Agronomy, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran

\* Corresponding Author's Email: [mojtaba\\_alavifazel@yahoo.com](mailto:mojtaba_alavifazel@yahoo.com)

(Received: August. 17, 2021 – Accepted: September. 21, 2021)

### ABSTRACT

In order to evaluate the physiological and biochemical characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L) cultivars in terms of irrigation interruption and delay planting date, an experiment was implemented in two crop years as a factorial split-plot in the form of a randomized complete block design with three replications in Karaj region. In the present study, irrigation in two levels including normal irrigation (80 mm evaporation from Class A evaporation pan) and irrigation cut-off from the stage of sowing and pod formation stages in two levels including Sep. 26 and Oct. 26 was placed in main plot and four winter rapeseed cultivars including Tassilo, Elvise, Neptune and Okapi were placed in subplots. According to the results, the highest content of chlorophyll in both planting dates (Sep. 26 and Oct. 26, respectively, with values of 1.59 and 1.88 mg. g<sup>-1</sup> FW) and under normal irrigation conditions belonged to Elvise cultivar. The results showed that irrigation cut-off reduced the relative water content of leaves and increased leaf proline, soluble protein content and soluble carbohydrate content. Elvise and Neptune cultivars had the highest grain yield under normal irrigation conditions with 3346 and 3220 kg / ha, respectively, and under irrigation cut-off conditions, with a mean of 3211 and 3081 kg / ha, respectively. According to the Stress Tolerance Index (STI), Elvise cultivar was identified as the most tolerant cultivar under dehydration stress in the pod formation stage onwards.

**Keywords:** Proline, grain yield, Irrigation cut-off, Chlorophyll, Rapeseed