

تأثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک برخی از ارقام کلزا

محمد مهدی مجیدی^{*}، محسن جعفرزاده قهریجانی، فاطمه رشیدی و آفافخر میرلوحی

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۰۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۱۲/۲۱)

چکیده:

این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد رقم کلزا در دو محیط رطوبتی نرمال و تنش خشکی مزروعه انجام شد. ژنتیپ‌ها در دو محیط رطوبتی شاهد (نرمال) و تنش خشکی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان کشت شدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد تفاوت معنی‌داری بین ارقام کلزا برای تمام صفات به‌غیر از نسبت کلروفیل (a/b) وجود داشت. تنش خشکی میزان تنوع ژنتیکی را برای اکثر صفات کاهش داد. با توجه به محاسبه ضریب تنوع ژنتیکی در هر دو شرایط رطوبتی میزان پرولین و کلروفیل بالاترین تنوع ژنتیکی را دارا بودند. برآورد وراثت‌پذیری برای اکثر صفات بالاتر از پنجاه درصد بود که نشان می‌دهد گزینش برای این صفات جهت تولید ارقام برتر مناسب می‌باشد. نتایج نشان داد که تنش خشکی، محتوی پرولین و نسبت کلروفیل (a/b) را بطور معنی‌داری افزایش داد درحالی که عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر صفات بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش نشان دادند. بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش متعلق به رقم Nk fair بود. رقم Esc 6152 در شرایط تنش رطوبتی و رقم 305 Gkh در شرایط عدم تنش بیشترین مقدار محتوای آب نسبی برگ (RWC) را به خود اختصاص دادند واز نظر این صفت فیزیولوژیک متتحمل به خشکی شناخته شدند.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، تنوع ژنتیکی، فیزیولوژی

مقدمه:

که رطوبت کافی برای حداکثر رشد بالقوه گیاه وجود نداشته باشد (Blum, 2012). ایران با میانگین بارندگی سالیانه ۲۴۰ میلی متر، در زمرة کشورهای خشک جهان قرار دارد و تنش خشکی، به‌ویژه در اواخر فصل (مراحل انتهایی رشد) یکی از مهمترین و شایعترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید (Turhan and Baser, 2004).

پیشرفت ژنتیکی برای تحمل به تنش در گیاهان زراعی نیازمند شناسایی مکانیسم‌های فیزیولوژیک متناسب با تحمل به تنش است. تحمل به خشکی نتیجه چندین خصوصیت گیاهی

کلزا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در حدود ۱۲ درصد از میزان کل تولید جهانی دانه‌های روغنی را که در حدود ۳۷/۶ میلیون تن می‌باشد به خود اختصاص داده است (FAO, 2007). کلزا همانند بسیاری از گیاهان زراعی تحت تأثیر تنش خشکی می‌باشد و بسته به وضعیت آب در مراحل ویژه‌ای از فنولوژی خود به‌ویژه دوره رشد زایشی، کمیت و کیفیت دانه آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Dauphin *et al.*, 2001). خشکی یک دوره‌ی طولانی با بارش نزولات کمتر از میزان متوسط است

نظر به اینکه خشکی مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی می باشد بررسی ارقام کلزا از نظر سازگاری و تحمل به خشکی در یافتن راه کارهای مناسب در تولید محصول در محیط های خشک می تواند مفید واقع شود. بر این اساس این پژوهش با هدف بررسی تحمل به خشکی ارقام کلزا بر اساس عملکرد و صفات فیزیولوژیک و شناسائی ارقام متحمل به تنفس خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد انجام شد. این مزرعه در طول جغرافیایی ۲۲ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی در فاصله ۴۰ کیلومتری جنوب غربی شهرستان اصفهان واقع شده است. مواد ژنتیکی مورد مطالعه تعداد ۲۸ رقم کلزا تهیه شده از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی می‌باشد (جدول ۱). این آزمایش در دو محیط رطوبتی عدم تنفس و تنفس خشکی آخر فصل هر یک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. در داخل هر بلوک، پلاکها در دو ردیف که هر ردیف شامل ۱۴ پلاک بود، در نظر گرفته شدند. هر پلاک شامل ۶ ردیف کاشت ۲ متری با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود. ارتفاع در هر پلاک بصورت دستی و با تراکم ۸۰ بوته در متر مربع در عمق ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متری کشت شدند.

برای اعمال تنفس در این پژوهش تمامی کرت‌ها تا شروع مرحله گلدهی از نظر آبیاری و اعمال مدیریت‌های زراعی بصورت یکسان در نظر گرفته شدند. در زمان شروع تنفس با اندازه‌گیری رطوبت خاک و محاسبه عمق آبیاری، وضعیت تمامی کرتها از نظر رطوبتی یکسان شد. محیط‌های رطوبتی مورد استفاده شامل محیط بدون تنفس رطوبتی با اعمال ضریب MAD (Management Allowed Depletion) با متوسط کسری از کل آب در دسترس که می‌تواند از عمق توسعه ریشه تخلیه شود بدون اینکه به گیاه تنفسی وارد شود) برابر با ۵۰ درصد (Allen *et al.*, 1998) و محیط تنفس رطوبتی با اعمال

شامل صفات فیزیولوژیک و به همان اندازه مورفو‌لولوژیک و صفات فنولوژیک است بنابراین انتخاب تنها بر اساس یک مکانیسم تحمل به خشکی برای بهبود عملکرد مناسب نخواهد بود (Radin, Susanne Somersalo *et al.*, 1998). اعتقاد دارد که گیاهان به ندرت تنها از طریق یک صفت فیزیولوژیک یا مرفولوژیک واکنش تحمل را نشان می‌دهند و معمولاً همزمان چند فرآیند در این واکنش وارد عمل می‌شوند. بر این اساس گزینش ژنتیک‌های متحمل به تنفس خشکی از طریق انتخاب غیرمستقیم بر اساس صفات مورفو-فیزیولوژیک که برای تحمل به تنفس همبسته هستند مورد توجه قرار گرفته است (کرمی و همکاران, ۱۳۸۵).

مطالعات زیادی در زمینه تنفس خشکی در کلزا صورت گرفته است و شماری از ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفو‌لولوژیک مؤثر در تحمل به تنفس خشکی گزارش شده است (Qifuma *et al.*, Kaiserlatif and Sadaqat, 2004). بر اساس گزارشی تنفس آبی در دو مرحله گلدهی و پرشدن غلاف در ارقام مختلف کلزا باعث کاهش مقدار کلروفیل‌های *a* و *b* شده است (Kumar and Paul, 1977). نتایج پژوهش‌های Qifuma و همکاران (۲۰۰۶) روی کلزا نشان داد، تنفس کمبود آب در مرحله گلدهی و پرشدن دانه تأثیر منفی روی عملکرد دانه دارد. زبرجد و همکاران (۱۳۸۹) با اعمال تنفس بر روی ارقام کلزا مشاهده کردند که مقدار اسید آمینه پرولین و کلروفیل افزایش یافت اما این روند در مورد محتوای آب نسبی برگ کاهش معنی داری نشان داد. در گزارشی از Mafakheri و همکاران (۲۰۱۰) در مورد اعمال تنفس خشکی بر روی ارقام نخود عملکرد گیاه، میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل کاهش یافتند در حالی که میزان پرولین بطور معنی‌داری افزایش نشان داد. Ebrahimiyan و همکاران (۲۰۱۲) با اعمال تنفس بر روی ارقام فسکیوی بلند مشاهده کردند که در تنفس شدید میزان کلروفیل کاهش یافت در حالی که در تنفس متوسط افزایش معنی‌داری نشان داد. همچنین تنفس شدید نسبت کلروفیل *a/b* را افزایش داد ولی تنفس متوسط هیچ تأثیری بر روی این نسبت نداشت. پرولین در هر دو سطح تنفس متوسط و شدید افزایش معنی‌داری نشان داد.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش

منشاء	نام رقم	ردیف	منشاء	نام رقم	ردیف
مجارستان	Nk bravour	۱۵	فرانسه	Anatol	۱
مجارستان	Nk fair	۱۶	فرانسه	Billy	۲
مجارستان	Oase	۱۷	فرانسه	Eldo	۳
فرانسه	Okapi	۱۸	فرانسه	Ella	۴
فرانسه	Olphi	۱۹	فرانسه	Es astric	۵
فرانسه	Olpop	۲۰	فرانسه	Es betty	۶
آلمان	Opera	۲۱	فرانسه	Es saphir	۷
فرانسه	Rpc 2023	۲۲	روسیه	Esc 6152	۸
فرانسه	Slm 046	۲۳	مجارستان	Gk helena	۹
فرانسه	Smart	۲۴	مجارستان	Gkh 1103	۱۰
آلمان	Talaye	۲۵	مجارستان	Gkh 305	۱۱
مجارستان	Rgs	۲۶	روسیه	Lilian	۱۲
مجارستان	Hayola	۲۷	روسیه	Lioness	۱۳
مجارستان	Licord	۲۸	روسیه	Modena	۱۴

نمونه مقدار ۱۰۰ میلی گرم برگ تازه انتخاب و شدت جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر (APEL PD-303S) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوی کلروفیل از روش آرنون (Arnon, 1949) استفاده شد. در این روش از قسمت پهنه‌ک برگ تازه استفاده گردید و برای حل شدن کلروفیل برگ از استون ۸۰ درصد استفاده گردید. میزان جذب نوری توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۶۴۳ و ۶۴۵ نانومتر خوانده شد و داده‌های حاصل جهت محاسبه غلظت کلروفیل (میلی گرم در گرم وزن تر) به ترتیب در روابط آرنون قرار داده شدند:

$$\text{Cchl a (mg/g leaf)} = ((12/7 * \text{Abs} 663) - (2/6 * \text{Abs} 645)) * \text{mlAcetone/mg leaf} \quad (2)$$

$$\text{Cchl b (mg/g leaf)} = ((22/9 * \text{Abs} 645) - (4/68 * \text{Abs} 663)) * \text{mlAcetone/mg leaf} \quad (3)$$

$$\text{Cchl total (mg/g)} = \text{Cchl a} + \text{Cchl b} \quad (4)$$

$$\text{Cchl a/b} = \text{Cchl a} / \text{Cchl b} \quad (5)$$

در روابط ۲، ۳ و ۴، C نشان دهنده غلظت، chl b ، chl a ، chl a/b و chl a+b به ترتیب کلروفیل‌های a، b، کل و نسبت

ضریب MAD برابر با ۸۵ درصد بود. در طی دوره تنش برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک در مزرعه تعداد ۱۰ بوته از هر پلات آزمایشی انتخاب شد و صفات عملکرد و اجزای عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد خورجین و درصد روغن اندازه‌گیری شدند که برای محاسبه درصد روغن از هر نمونه مقدار ۳۰ گرم بذر بطور کامل آسیاب گردید و سپس توسط دستگاه NIR میزان روغن نمونه‌ها مشخص گردید. سپس صفات فیزیولوژیک شامل محتوای نسبی آب برگ، پرولین و کلروفیل a و b در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه درصد محتوای نسبی آب برگ به روش Ritchi و همکاران (۱۹۹۰) از برگ‌های کاملاً جوان و توسعه یافته که در ارتفاع یکسانی از سطح خاک قرار داشتند استفاده گردید و سپس از رابطه ۱ محاسبه گردید. در رابطه مذکور W_f وزن تر نمونه برگی، W_d وزن خشک نمونه برگی و W_t وزن تورثسانس نمونه برگی می‌باشد.

$$\text{RWC}(\%) = [(W_t - W_d) / (W_t - W_d)] \times 100 \quad (1)$$

اندازه‌گیری پرولین (میکرومول در گرم ماده گیاهی) به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) انجام شد. برای این کار از هر

گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی کمترین میزان بودند. محاسبه میزان ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی برای صفات پروولین و کلروفیل در هر دو شرایط محیطی، حاکی از آن است که تنوع ژنتیکی کافی از نظر این صفات در ارقام مورد مطالعه وجود دارد. ضرایب تغییرات ژنتیکی صفات نشان داد که سطح تنوع ژنتیکی موجود در صفات مختلف متفاوت است. برای به-نژادی و تولید ارقام پرمحصول دسترسی به منابع ژنتیکی، اطلاع از ساختار ژنتیکی ژنتوتیپ و نحوه توارث صفات ضروری است (حیدری و همکاران، ۱۳۸۵). Blum (۲۰۱۲) معتقد است که تنوع ژنتیکی و وراثت پذیری برای عملکرد در شرایط مطلوب و تش متفاوت است و میزان پیشرفت ژنتیکی از طریق انتخاب در این دو محیط برابر نیست. بر طبق نظر Rosielle و Hamblin (۱۹۸۱) اگر واریانس ژنتیکی در محیط دارای تنش بزرگتر از شرایط بدون تنش باشد، انتخاب در محیط دارای تنش از بازدهی ژنتیکی بالاتری نسبت به انتخاب در شرایط بدون تنش و انتخاب در دو محیط برخوردار خواهد بود. برآورده وراثت پذیری عمومی صفات نیز در جدول ۲ نشان داده شده است. در بین صفات مورد مطالعه شاخص برداشت، درصد پروتئین و تعداد روز تا گلدهی بیشترین میزان وراثت پذیری عمومی را دارا بودند. تعدادی از صفات مانند پروولین و کلروفیل از وراثت پذیری بیشتری در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط عادی رطوبتی برخوردار بودند. عملکرد دانه از وراثت پذیری عمومی متوسطی در مقایسه با سایر صفات برخوردار بود. Yucel و همکاران (۲۰۰۵) در ارقام کلزا وراثت پذیری اکثر صفات را بالا برآورد کردند. در این مطالعه با توجه به اینکه صفت ارتفاع بوته دارای کمترین وراثت پذیری بود (۳۲٪)، بنابراین این صفت بیشتر تحت تأثیر شرایط محیطی و زراعی می‌باشد. میزان بازدهی انتخاب برای بهبود یک صفت به تأثیر نسبی عوامل ژنتیکی و غیر ژنتیکی در بروز تفاوت‌های فنوتیپی بستگی دارد که به وسیله پارامتر وراثت پذیری بیان می‌شود (ارزانی، ۱۳۸۹). وراثت پذیری یک صفت خاص، بهره ژنتیکی مورد انتظار آن صفت را که پایه و اساس طراحی یک برنامه اصلاحی موثر برای به حداقل رساندن بهبود

a به b و Abs 645 و Abs 663 به ترتیب جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر می‌باشد.

بعد از نرمال نمودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل‌های آماری شامل تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین تیمارها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم افزار آماری SAS انجام گرفت. اجزای مشکله واریانس با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات طرح آماری برآورده و سپس قابلیت توارث عمومی، ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی محاسبه شد (Hallauer et al., 2010). قابلیت توارث عمومی و ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی با استفاده از روابط زیر محاسبه گردیدند:

$$h^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2 \quad \text{رابطه (۶) وراثت پذیری عمومی}$$

$$GCV\% = \sqrt{\sigma_g^2} / \bar{x} \quad \text{رابطه (۷) ضریب تنوع ژنتیکی}$$

$$PCV\% = \sqrt{\sigma_p^2} / \bar{x} \quad \text{رابطه (۸) ضریب تنوع فنوتیپی}$$

σ_g^2 و \bar{x} به ترتیب نشان دهنده واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی و میانگین صفات می‌باشد.

نتایج و بحث:

آمار توصیفی صفات اندازه‌گیری شده در ارقام مختلف کلزا در شرایط عادی و شرایط تنش رطوبتی در جدول (۲) نشان داده شده است. به طور کلی دامنه تغییرات برای صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش خشکی کمتر از شاهد بود. به عنوان مثال کم شدن دامنه صفت تعداد روز تا رسیدگی در شرایط تنش نشان می‌دهد که گیاه تحت شرایط تنش سعی در کوتاه کردن سیکل زندگی خود دارد. ضرایب تنوع ژنتیکی نیز از ضرایب تنوع فنوتیپی کمتر بود که می‌تواند به علت آثار عوامل محیطی باشد. تنش خشکی باعث کاهش دامنه تغییرات و تنوع اکثر صفات شد. محتوی پروولین در شرایط عدم تنش و تنش دارای بیشترین ضریب تنوع فنوتیپی بود، در حالیکه کمترین میزان ضریب تنوع فنوتیپی مربوط به صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی بود. برای ضریب تنوع ژنتیکی نیز صفت پروولین دارای بیشترین و صفات درصد روغن، تعداد روز تا

جدول ۳ - تجزیه واریانس مرکب صفات عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام مختلف کلزا تحت شرایط تنش و عدم تنفس خشکی

* و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد ns

خورجین را رقم Talaye با میانگین ۸۷ داشت. در شرایط تنش رطبوبتی، بیشترین تعداد خورجین در گیاه مربوط به رقم Slm ۰۴۶ با میانگین ۱۱۸ و کمترین تعداد خورجین در گیاه مربوط به رقم Licord به میانگین ۸۰/۶۷ در شرایط تنش رطبوبتی بود (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های حاصل از تحقیقات دادیور و خودشناس (۱۳۸۵) مطابقت دارد. نتایج آنها نشان دهنده این واقعیت است که مرحله گلدهی و مرحله نمو خورجین‌ها در کلزا از نظر نیاز گیاه به آب بحرانی بوده و در صورت عدم تامین آب کافی در این مرحله تعداد خورجین در واحد سطح کاهش معنی دارد، دا به دنبال خواهد داشت.

بیشترین تعداد دانه در خورجین در شرایط بدون تنفس مربوط به رقم Olpop با میانگین $20/2$ و کمترین آن مربوط به رقم Rgs با میانگین $15/73$ بود. در شرایط تنفس رطوبتی بیشترین تعداد دانه در خورجین را رقم Talaye با میانگین $19/97$ و کمترین آن را رقم Rpc 2023 با میانگین $15/67$ عدد دانه به خود اختصاص دادند (جدول ۴). کاهش تعداد دانه در خورجین در اثر تنفس خشکی بواسیله Trribro و renard (1990) و Major (1997) نیز تایید شده است. تنفس خشکی در مرحله گرده افشاری موجب عقیم شدن دانه های گرده و اختلال در فتوسترات جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه ها می گردد که می تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در خورجین باشد. از آنجایی که تنفس خشکی اجزاء عملکرد نظیر تعداد

ژنتیکی است، محاسبه می کند (Hallauer *et al.*, 2010). نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها (جدول ۳) نشان داد که تنش رطوبتی بر روی تمامی صفات بجز وزن هزار دانه روز تا گلدهی و ارتفاع بوته تاثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد داشت. اثر مقابله ژنتیک و محیط بجز در صفات تعداد دانه در خورجین، طول غلاف، تعداد شاخه فرعی در بوته، شاخص برداشت، کلروفیل کل و نسبت کلروفیل a/b برای بقیه صفات در سطح یک درصد معنی دار بود. میانگین تعداد روز تا رسیدگی برای تیمار عدم تنش ۲۴۸/۷۸ و برای تیمار تنش ۲۴۳/۶۹ بود که ۲/۰۴ درصد کاهش نشان می دهد. در شرایط بدون تنش بیشترین تعداد روز تا رسیدگی مربوط به رقم Opera با میانگین ۲۵۵/۶۷ روز و کمترین تعداد روز مربوط به رقم Rgs با میانگین ۲۳۴ بود. بطور مشابه در شرایط تنش رطوبتی بیشترین تعداد روز مربوط به رقم Opera با میانگین ۲۵۱ و کمترین تعداد روز مربوط به رقم Rgs با میانگین ۲۳۱ بود (جدول ۴). با توجه به مقارن بودن زمان رسیدگی کلزا با هوای گرم تابستان، تنش رطوبتی به شدت بر روی زمان رسیدگی گیاه کلزا تاثیر می گذارد. زودرسی منجر به کاهش نیاز آبی گیاه شده و ممکن است نسبت دانه به اندام های هوایی

در شرایط عدم تنفس بیشترین تعداد خورجین در گیاه Lioness با میانگین ۱۲۳ و کمترین تعداد مربوط به رقم ۱۰۰ است.

جدول ۴- مقایسه میانگین و اثر متقابل ارقام و سطوح رطبوبتی برای برخی صفات مهم مورد مطالعه

رقم	روز تاریخی									
	تعداد دانه در خورجین			تعداد خورجین در بوته			درصد تغییر			
درصد تغییر	تش	عدم تنش	درصد تغییر	تش	عدم تنش	درصد تغییر	تش	عدم تنش	درصد تغییر	
۲/۹۵	۱۶/۴۷ ^{g-j}	۱۶/۹۷ ^{e-h}	+۰/۹۶	۱۰۳/۰۰ ^{bcd}	۱۰۴/۰۰ ^{d-i}	-۰/۳۱	۲۴۳/۳۳ ^{d-g}	۲۵۱/۶۷ ^{cde}	Anatol	
۶/۹۴	۱۷/۸۷ ^{cde}	۱۹/۲۰ ^{ab}	۰/۳۳	۹۴/۶۷ ^{d-h}	۱۰۰/۰۰ ^{f-k}	-۰/۹۹	۲۴۰/۶۷ ^{ghi}	۲۵۰/۶۷ ^{def}	Billy	
۲/۰۶	۱۵/۸۷ ^{ij}	۱۶/۲۰ ^{g-j}	-۱/۸۶	۱۰۵/۶۷ ^b	۱۰۷/۶۷ ^{b-f}	-۰/۹۱	۲۴۴/۶۷ ^{cde}	۲۵۲/۰ ^{cde}	Eldo	
۲/۴۹	۱۶/۹۷ ^{d-i}	۱۷/۴۰ ^{c-f}	-۱/۳۴	۱۰۱/۰۰ ^{be}	۹۹/۶۷ ^{f-k}	-۰/۰۸	۲۴۵/۳۳ ^{cde}	۲۴۸/۰ ^{ghi}	Ella	
۲/۳۳	۱۶/۸۰ ^{e-j}	۱۷/۲۰ ^{efg}	-۰/۶۹	۹۲/۰۰ ^{e-j}	۹۹/۶۷ ^{f-k}	-۰/۵۳	۲۴۵/۶۷ ^{cde}	۲۵۴/۶۷ ^{ab}	Es astric	
۲/۰۹	۱۶/۴۰ ^{hij}	۱۶/۸۴ ^{e-i}	-۰/۷۶	۹۴/۰۰ ^{d-h}	۹۶/۶۷ ^{g-k}	-۰/۴۸	۲۴۴/۶۷ ^{cde}	۲۴۸/۳۳ ^{f-i}	Es betty	
۳/۴۹	۱۶/۶۰ ^{f-j}	۱۷/۲۰ ^{efg}	-۰/۹۱	۸۴/۳۳ ^{jkl}	۱۰۴/۰۰ ^{d-i}	-۰/۲۰	۲۴۶/۶۷ ^{bc}	۲۴۹/۶۷ ^{efg}	Es saphir	
۶/۳۵	۱۷/۲۰ ^{c-h}	۱۸/۳۷ ^{bc}	-۰/۷۵	۹۷/۳۳ ^{b-g}	۱۰۶/۶۷ ^{c-g}	-۰/۶۰	۲۴۶/۶۷ ^{bc}	۲۵۰/۶۷ ^{def}	Esc 6152	
۲/۰۲	۱۷/۸۰ ^{c-f}	۱۸/۲۶ ^{bed}	-۰/۳۹	۹۴/۳۳ ^{d-h}	۹۵/۶۷ ^{h-l}	-۰/۴۴	۲۵۰/۳۳ ^a	۲۵۲/۰ ^{abc}	Gk Helena	
-۰/۰۲	۱۷/۱۳ ^{d-h}	۱۷/۱۳ ^{efg}	-۰/۳۹	۹۲/۰۰ ^{e-j}	۱۰۲/۶۷ ^{e-j}	-۰/۷۶	۲۴۱/۶۷ ^{f-i}	۲۴۶/۰ ^{ij}	Gkh 1103	
-۳/۷۸	۱۷/۸۳ ^{c-f}	۱۷/۱۸ ^{efg}	-۰/۲۱	۸۷/۳۳ ^{h-l}	۱۰۳/۰۰ ^{e-j}	-۰/۰۴	۲۴۴/۶۷ ^{cde}	۲۵۲/۳۳ ^{bcd}	Gkh 305	
-۳/۰۳	۱۷/۰۰ ^{d-i}	۱۶/۵۰ ^{f-j}	-۰/۶۷	۹۴/۰۰ ^{d-h}	۱۲۰/۰۰ ^a	-۰/۸۲	۲۴۳/۰۰ ^{e-h}	۲۵۴/۰۰ ^{jk}	Lilian	
-۴/۷۹	۱۶/۷۷ ^{e-j}	۱۶/۰۰ ^{hij}	-۰/۴۷	۹۱/۶۷ ^{f-k}	۱۲۳/۰۰ ^a	-۰/۰۴	۲۴۰/۰۰ ⁱ	۲۴۵/۰۰ ^{jk}	Lioness	
۲/۰۱	۱۸/۱۳ ^{cd}	۱۸/۶۰ ^b	-۰/۰۹	۹۳/۳۳ ^{e-j}	۱۰۲/۶۷ ^{e-j}	-۰/۶۱	۲۴۵/۰۰ ^{cde}	۲۴۹/۰ ^{fg}	Modena	
۴/۰۵	۱۵/۸۰ ^{ij}	۱۶/۴۷ ^{f-j}	-۰/۷۷	۱۰۱/۰۰ ^{b-e}	۹۷/۳۳ ^{f-l}	-۰/۷۱	۲۴۹/۰۰ ^{ab}	۲۵۳/۳۳ ^{abc}	Nk bravour	
۳/۹۰	۱۸/۰۷ ^{cd}	۱۸/۸۰ ^b	-۰/۸۳	۱۰۴/۳۳ ^{bc}	۱۱۷/۰۰ ^{abc}	-۰/۷۴	۲۴۴/۰۰ ^{c-f}	۲۴۸/۳۳ ^{fi}	Nk fair	
۲/۲۰	۱۶/۳۳ ^{hij}	۱۶/۶۰ ^{e-j}	-۰/۰۴	۱۰۴/۶۷ ^b	۱۱۹/۰۰ ^a	-۰/۳۷	۲۴۰/۰۰ ⁱ	۲۴۳/۳۳ ^{jk}	Oase	
۱/۹۰	۱۶/۸۰ ^{e-j}	۱۷/۱۳ ^{efg}	-۰/۶۷	۱۰۰/۰۰ ^{b-f}	۹۹/۳۳ ^{f-k}	-۰/۰۳	۲۴۵/۶۷ ^{cde}	۲۵۳/۳۳ ^{abc}	Okapi	
-۰/۴۱	۱۶/۴۷ ^{g-j}	۱۶/۴۰ ^{f-j}	-۰/۴۶	۸۲/۰۰ ^l	۹۳/۶۷ ^{i-l}	-۰/۶۰	۲۴۶/۰۰ ^{cd}	۲۵۰/۰ ^{d-g}	Olphi	
۳/۸۰	۱۹/۴۲ ^{ab}	۲۰/۲۰ ^a	-۰/۸۷	۸۸/۳۳ ^{g-l}	۱۰۵/۰۰ ^{d-h}	-۰/۸۷	۲۴۰/۰۰ ⁱ	۲۴۹/۶۷ ^{efg}	Oipop	
-۴/۷۴	۱۸/۴ ^{bc}	۱۷/۰۵ ^{cde}	-۰/۹۷	۸۴/۶۷ ^{i-l}	۹۲/۰۰ ^{kl}	-۰/۸۳	۲۵۱/۰۰ ^a	۲۵۵/۶۷ ^a	Opera	
۱/۰۵	۱۵/۶۷ ^j	۱۵/۸۳ ^{ij}	-۰/۴۶	۹۷/۳۳ ^{b-g}	۱۰۶/۳۳ ^{d-g}	-۰/۶۱	۲۴۴/۳۳ ^{c-f}	۲۴۸/۳۳ ^{fi}	Rpc 2023	
۲/۳۵	۱۶/۶۳ ^{e-j}	۱۷/۰۳ ^{efg}	-۰/۰۱	۱۱۸/۰۰ ^a	۱۲۱/۶۷ ^a	-۰/۶۲	۲۴۴/۶۷ ^{def}	۲۴۷/۶۷ ^{ghi}	Slim 046	
۱/۰۲	۱۷/۷۷ ^{c-h}	۱۷/۰۵ ^{cde}	-۰/۱۳	۹۵/۳۳ ^{c-h}	۱۱۳/۶۷ ^{a-d}	-۰/۲۲	۲۴۳/۰۰ ^{e-h}	۲۴۶/۰ ^{ij}	Smart	
-۵/۴۶	۱۹/۹۷ ^a	۱۸/۹۳ ^b	-۰/۹۸	۸۲/۶۷ ^{kl}	۸۷/۰۰ ^l	-۰/۴۴	۲۴۶/۰۰ ^{hi}	۲۴۶/۳۳ ^{ij}	Talaye	
-۰/۸۵	۱۵/۸۷ ^{ij}	۱۵/۷۳ ^j	-۰/۰۸	۹۲/۰۰ ^{e-j}	۱۱۳/۰۰ ^{a-e}	-۰/۱۴	۲۳۱/۳۳ ^j	۲۳۴/۰ ^l	Rgs	
۳/۴۶	۱۷/۹۷ ^{c-g}	۱۸/۳۰ ^{bed}	-۰/۴۰	۹۳/۶۷ ^{e-i}	۱۱۷/۶۷ ^{ab}	-۰/۲۴	۲۳۹/۰۰ ⁱ	۲۴۷/۰ ^{hij}	Hayola	
۰/۹۶	۱۷/۱۷ ^{c-h}	۱۷/۳۳ ^{def}	-۰/۰۷	۸۰/۶۷ ^l	۹۳/۳۳ ^{jkl}	-۰/۰۵	۲۴۳/۶۷ ^{def}	۲۴۶/۰ ^{ij}	Licord	
۳/۳۶	۱۷/۱۵ ^A	۱۷/۳۹ ^A	-۰/۹۲	۹۴/۶۱ ^B	۱۰۵/۰۴ ^A	-۰/۰۴	۲۴۳/۶۹ ^B	۲۴۸/۷۸ ^A	میانگین	
۱/۲۶	۱/۰۱		-۰/۲۸	۱۰/۳۹		-۰/۶۸	۲/۴۸		LSD	
۱/۱۳			-۰/۷۴			-۰/۵۵			Aثر متقابل LSD	

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری در سطح ۵٪ می باشند.

مقایسه میانگین برای صفت عملکرد نشان داد که رقم Nk با میانگین ۳۸۰۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم Rpc 2023 با میانگین ۲۵۵۱ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را در شرایط بدون تنش رطبوبتی داشتند. در شرایط تنش رطبوبتی Es saphir با میانگین ۲۲۴۶ کیلوگرم در هکتار کمترین

خورجین در گیاه و تعداد دانه در خورجین را بهشدت تحت تاثیر قرار داده، و گیاه در شرایط تنش، تعداد دانه کمتری در هر بوته به عنوان منبع ذخیره در اختیار داشته است، لذا اختصاص مواد حاصل از فتوسنتز به تعداد دانه های محدود، باعث شده است که صفت وزن هزار دانه گیاه کاهش نداشته باشد.

ژنوتیپ‌هایی با محتوی نسبی آب برگ بالا ممکن است بتوانند انتخابی برای ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا باشند. با توجه به اینکه ژنوتیپ Esc 6152 در شرایط تنش بیشترین میزان محتوی نسبی آب را نشان داد در نتیجه از نقطه نظر این صفت فیزیولوژیک یک رقم متتحمل به خشکی به شمار می‌آید. محتوای پرولین از میانگینی برابر با $36/6$ در شرایط بدون تنش رطوبتی و $49/2$ میکرومول در گرم وزن تر در شرایط تنش رطوبتی برخوردار بود که نشان می‌دهد در شرایط تنش به میزان $34/4$ درصد نسبت به حالت عدم تنش افزایش نشان داد (جدول ۶). بسیاری از گیاهان در شرایط تنش کم‌آبی یا شوری مواد اسمزی سازگار را در خود تولید می‌نمایند. از جمله مواد محلول سازگار شناخته شده پرولین است که به عنوان ماده اسمزی محافظت کننده در مرحله تنش اسمزی عمل می‌کند (Nanjo *et al.*, 1998). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش خشکی موجب افزایش پرولین شد که با نتایج Ma و همکاران Sunyayar (۲۰۰۴) و Sharma و Kuhad (۲۰۰۶) مطابقت دارد. و همکاران (۲۰۰۴) و Din و همکاران (۲۰۱۱) با تحقیقی که به ترتیب بر روی ارقام آفتاب گردان و کلزا انجام دادند دریافتند که اسید آمینه‌ی پرولین در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد. طی تحقیق Ebrahimiyan و همکاران (۲۰۱۲) بر روی فسکیوی بلند گزارش شد که پرولین نمی‌تواند معیار مناسبی برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی باشد. در این مطالعه بین عملکرد دانه با میزان پرولین طی عدم تنش همبستگی نشان داده نشد ولی در شرایط تنش خشکی همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بین عملکرد دانه با پرولین مشاهده شد (جدول نشان داده نشد). در پژوهشی دیگر که بر روی گیاه کلزا و شلغم روغنی انجام گرفت، ژنوتیپ‌های دارای شاخص عملکرد بالاتر، تجمع پرولین بالاتری نیز داشتند که البته چنین رابطه مشخصی در شلغم روغنی مشاهده نشد (Richard, 1978). لذا استفاده از صفت تجمع پرولین به عنوان معیار گرینش برای مقاومت به خشکی در شلغم روغنی مؤثر نبود، در حالی که در گیاه کلزا مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه رقم Lilian در شرایط عدم تنش و رقم Es astric در شرایط تنش

و رقم Nk fair با میانگین $350/3$ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۵). در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی میانگین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی به ترتیب $278/3$ و $305/2$ کیلوگرم در هکتار بود که به میزان $8/8$ درصد کاهش نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش با نتایج دادیور و خودشناس (۱۳۸۵) مطابقت دارد. صفت محتوای نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار گرفت و اثر متقابل ژنوتیپ و آبیاری بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به طور کلی در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی مقدار محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش رطوبتی کاهش یافت. میانگین این صفت در شرایط بدون تنش رطوبتی $77/12$ درصد و در شرایط تنش رطوبتی $71/79$ درصد بود که میزان $6/91$ درصد کاهش نشان می‌دهد. دامنه تغییرات این صفت در شرایط عدم تنش رطوبتی بین $85/63$ درصد برای Gkh 305 و $71/97$ درصد برای Licord بود. در شرایط تنش رطوبتی، بیشترین مقدار RWC متعلق به رقم Esc 6152 با میانگین $81/03$ درصد و کمترین آن به ۳۰۵ Gkh با میانگین $66/4$ درصد اختصاص داشت (جدول ۵).

برطبق نظر Allen و همکاران (۱۹۹۸) نیز کاهش در محتوی نسبی آب برگ با کاهش در میزان فتوسنتز و نهایتاً کاهش تولید مشاهده شد. همچنین Pandey و همکاران (۲۰۰۱) گزارش دادند محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش رطوبتی کاهش یافت که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. Schonfeld و همکاران (۱۹۸۸) کاهش مقدار RWC در برگ-های گندم را تحت تأثیر تنش رطوبتی گزارش کردند و نتیجه گرفتند که ارقام متتحمل به خشکی در هنگام تنش مقدار محتوی نسبی آب برگ بیشتری نسبت به ارقام حساس دارا بودند بنابراین میزان آب نسبی برگ را به عنوان یک نشانگر تحمل به خشکی پیشنهاد کردند. بر اساس نظر Wang و Clarke (۱۹۹۳) محتوای نسبی آب نیز مقیاس دیگری جهت شناسایی ارقام مقاوم و حساس می‌باشد. Ebrahimiyan و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند تحت شرایط تنش متوسط،

جدول ۵- مقایسه میانگین و اثر متقابل ارقام و سطوح رطبوبتی برای برخی صفات مهم مورد مطالعه

رقم	وزن هزار دانه (گرم)											
	عملکرد در هектار (کیلوگرم)				عدم تنش				درصد تغییر			
	درصد	محتوی نسبی آب برگ (درصد)	درصد	تنش	درصد	تنش	درصد	تنش	درصد	تنش	درصد	تنش
	تغییر		عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش
6/۸۵	72/93 ^{c-f}	78/30 ^{cd}	8/60	2824 ^{e-h}	30.9 ^{be}	-1/50	2/62 ^{d-h}	2/56 ^{b-g}	Anatol			
10/۴۳	69/30 ^{ijk}	77/37 ^{cde}	15/46	2689 ^{ij}	31.81 ^b	-2/10	3/49 ^{fgh}	3/42 ^{d-h}	Billy			
۳/۹۸	73/17 ^{cde}	76/20 ^{ef}	6/31	2870 ^{def}	30.63 ^{c-f}	-0/18	3/65 ^{d-h}	3/65 ^{a-f}	Eldo			
7/11	74/93 ^c	80/67 ^b	6/15	2987 ^{cd}	31.83 ^b	2/89	3/69 ^{c-h}	3/80 ^{a-d}	Ella			
14/۵۵	69/70 ^{hij}	81/57 ^b	23/98	2311 ^{lm}	30.40 ^{d-g}	7/46	2/51 ^{e-h}	2/81 ^{a-d}	Es astric			
-0/۶۳	74/83 ^c	74/37 ^{gh}	2/40	2856 ^{ef}	2926 ^{hij}	1/43	3/92 ^{b-e}	3/97 ^{ab}	Es betty			
9/۳۹	69/17 ^{i-l}	76/33 ^{ef}	26/79	2246 ^m	30.68 ^{c-f}	-7/01	3/92 ^{b-e}	3/66 ^{a-f}	Es saphir			
5/۳۰	81/10 ^a	85/57 ^a	10/60	2778 ^{f-i}	31.06 ^{bed}	-7/56	3/51 ^{e-h}	3/26 ^{f-j}	Esc 6152			
8/۸۱	66/9 ^m	73/37 ^{g-j}	3/52	2660 ^{ij}	2757 ^{kl}	-4/17	3/41 ^{gh}	3/28 ^{f-j}	Gk Helena			
9/۲۶	71/53 ^{e-h}	78/83 ^c	5/30	2838 ^{efg}	2997 ^{e-h}	-9/26	3/89 ^{b-f}	3/56 ^{b-g}	Gkh 1103			
۲۲/۴۶	66/4 ^m	85/63 ^a	23/22	2394 ^{kl}	3118 ^{bcd}	7/08	3/41 ^h	3/67 ^{a-f}	Gkh 305			
۴/۱۱	73/17 ^{cde}	76/20 ^{ef}	2/97	2940 ^{cde}	30.30 ^{d-g}	-23/55	3/83 ^{b-g}	3/10 ^{hij}	Lilian			
۸/۱۷	V1/9 ^{d-g}	V8/3 ^{cd}	4/60	2890 ^{def}	30.30 ^{d-g}	-31/83	4/09 ^{bc}	3/10 ^{hij}	Lioness			
۸/۱۷	87/4 ^{klm}	73/40 ^{g-j}	8/38	2775 ^{g-j}	2974 ^{fgh}	-6/98	3/53 ^{c-h}	3/30 ^{f-i}	Modena			
۰/۵۵	78/33 ^b	78/77 ^c	2/95	30.58 ^{bc}	3101 ^{bc}	2/13	3/98 ^{bed}	4/06 ^a	Nk bravour			
۲/۳۱	80/37 ^{ab}	82/27 ^b	8/02	3503 ^a	3808 ^a	-12/28	3/60 ^{d-h}	3/20 ^{g-j}	Nk fair			
12/۹۷	73/6 ^{cde}	84/57 ^a	16/65	3127 ^b	3751 ^a	-0/36	3/75 ^{b-h}	3/74 ^{a-e}	Oase			
۳/۴۵	73/77 ^{cd}	76/40 ^{ef}	5/73	2876 ^{def}	30.51 ^{c-f}	3/40	3/60 ^{d-h}	3/73 ^{a-e}	Okapi			
۲/۰۰	73/4 ^{cde}	74/9 ^{fg}	0/76	2831 ^{e-h}	2853 ^{ijk}	-15/01	4/55 ^a	3/95 ^{abc}	Olphi			
12/۲۱	68/33 ^{j-m}	77/18 ^{cde}	6/06	2878 ^{def}	30.80 ^{b-e}	-17/05	3/64 ^{d-h}	3/10 ^{hij}	Olpop			
۷/۳۶	87/5 ^{klm}	72/93 ^{hij}	4/95	2706 ^{hij}	2847 ^{ijk}	-0/53	3/77 ^{b-h}	3/70 ^{a-d}	Opera			
1/۹۴	70/83 ^{f-i}	72/23 ^{ij}	3/25	2268 ^k	2551 ^m	-9/93	3/65 ^{d-h}	3/32 ^{e-i}	Rpc 2023			
۰/۸۱	73/10 ^{cde}	73/67 ^{ghi}	2/91	2657 ^{ij}	2777 ^l	-1/86	2/92 ⁱ	2/87 ^j	Slm 046			
۴/۶۳	70/10 ^{ghi}	74/23 ^{gh}	8/08	2874 ^{def}	3144 ^{bc}	-7/68	3/65 ^{d-h}	3/39 ^{d-h}	Smart			
۳/۹۱	70/10 ^{ghi}	73/37 ^{g-j}	3/28	2850 ^{efg}	2947 ^{ghi}	2/21	3/68 ^{c-h}	3/77 ^{a-d}	Talaye			
12/۴۸	67/10 ^{lm}	76/67 ^{de}	14/74	2604 ^ع	30.57 ^{c-f}	-8/58	3/84 ^{b-f}	3/54 ^{c-g}	Rgs			
۳/۹۴	70/77 ^{ghi}	73/67 ^{ghi}	7/06	2865 ^{def}	30.82 ^{b-e}	-14/32	3/38 ^h	2/96 ^{ij}	Hayola			
۳/۵۲	69/43 ^{h-k}	71/97 ^j	7/73	2621 ^j	2841 ^{jk}	-6/66	4/11 ^b	3/84 ^{abc}	Licord			
6/۹۱	71/79 ^B	77/12 ^A	8/81	2783 ^B	30.52 ^A	5/29	3/69 ^A	3/51 ^A	میانگین			
2/10	1/63		128/09	103/19		0/41	0/41	0/42	LSD			
۰/۴۱		114/99				۰/۴۱			LSD			

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون قادر اختلاف آماری در سطح ۵٪ می‌باشد.

میانگین محتوی کلروفیل a+b و نسبت آنها (a/b) برای ارقام مورد آزمایش در شرایط بدون تنش رطبوبتی به ترتیب ۱/۸۶ و ۱/۸۵ میلی‌گرم در یک گرم برگ و در شرایط تنش

کمترین میزان پرولین را به خود اختصاص دادند در حالی که بیشترین عملکرد در هر دو سطح محیط رطبوبتی را رقم Nk fair نشان داد.

جدول ۶- مقایسه میانگین و اثر متقابل ارقام و سطوح رطوبتی برای برخی صفات مهم مورد مطالعه

نسبت کلروفیل a به b				کلروفیل (میلی گرم در گرم وزن تر)			پرولین (میکرو مول در گرم وزن تر)			رقم
درصد تغییر	تشن	عدم تشن	درصد تغییر	تشن	عدم تشن	درصد تغییر	تشن	عدم تشن	درصد تغییر	
-۲۹/۰۲	۲/۰۰ ^a	۱/۹۳ ^a	۴۵/۰۶	۰/۹۵ ^{j-m}	۱/۶۱ ^{f-k}	-۷۸/۲۴	۴۳/۹۷ ^{i-l}	۲۴/۶۷ ^{ijk}		Anatol
-۲۸/۶۷	۱/۷۳ ^a	۱/۷۶ ^a	۴۲/۶۳	۱/۱۴ ^{f-k}	۱/۸۳ ^{c-i}	-۱۷/۱۴	۳۵/۷۷ ^{k-n}	۳۰/۵۳ ^{hij}		Billy
-۴۰/۲۲	۲/۰۴ ^a	۱/۹۵ ^a	۳۵/۶۳	۱/۰۹ ^{f-l}	۱/۰۵ ^{g-k}	-۱۵/۱۱	۲۲/۶۰ ^۰	۱۹/۶۳ ^{jk}		Eldo
-۴۱/۸۶	۱/۹۶ ^a	۱/۷۸ ^a	۳۶/۳۳	۱/۷۵ ^{abc}	۲/۰۳ ^{ab}	-۸۱/۷۰	۵۳/۳۰ ^{e-i}	۲۹/۳۳ ^{hij}		Ella
-۴۲/۵۶	۲/۰۱ ^a	۱/۷۶ ^a	۳۱/۳۸	۱/۰۸ ^{f-l}	۱/۴۸ ^{h-k}	۴/۶۵	۲۱/۱۷ ^۰	۲۲/۲۰ ^{jk}		Es astric
-۵۵/۲۷	۲/۰۴ ^a	۱/۹۷ ^a	۴۹/۳۷	۰/۷۹ ^{lm}	۱/۴۰ ^{jk}	-۱۷۹/۷۰	۶۲/۹۳ ^{b-e}	۲۲/۵۰ ^{jk}		Es betty
-۲۵/۷۱	۱/۷۴ ^a	۱/۷۴ ^a	۳۹/۶۸	۱/۰۶ ^{h-l}	۱/۶۱ ^{f-k}	-۱۴/۱۳	۶۲/۲۰ ^{b-f}	۵۴/۵۰ ^{ab}		Es saphir
-۲۷/۴۰	۱/۹۷ ^a	۱/۹۱ ^a	۴۰/۳۶	۱/۲۶ ^{c-j}	۱/۹۸ ^{c-f}	-۵۷/۴۰	۵۶/۴۰ ^{d-h}	۳۵/۸۳ ^{f-i}		Esc 6152
-۳۸/۱۷	۱/۹۶ ^a	۱/۷۱ ^a	۲۴/۴۷	۱/۳۸ ^{def}	۱/۷۳ ^{e-k}	-۷۶/۷۵	۷۴/۷۷ ^a	۴۲/۳۰ ^{d-g}		Gk Helena
-۱۶/۴۹	۱/۷۶ ^a	۱/۷۶ ^a	۳۲/۷۹	۱/۵۶ ^{b-e}	۲/۲۰ ^{abc}	-۳۶/۰۴	۶۸/۰۷ ^{abc}	۵۰/۰۳ ^{a-e}		Gkh 1103
-۳۱/۰۶	۲/۰۰ ^a	۱/۹۳ ^a	۴۲/۹۲	۱/۱۴ ^{f-k}	۱/۸۶ ^{c-h}	-۲/۱۸	۳۱/۲۷ ^{lo}	۳۰/۶۰ ^{hij}		Gkh 305
-۳۱/۹۳	۱/۷۳ ^a	۱/۶۳ ^a	۴۴/۷۱	۱/۱۵ ^{f-k}	۱/۹۳ ^{c-g}	-۱۱۳/۸۱	۳۶/۱۳ ^{k-n}	۱۶/۹۰ ^k		Lilian
-۱۹/۸۸	۱/۴۳ ^a	۱/۵۰ ^a	۴۲/۲۲	۰/۸۴ ^{klm}	۱/۳۲ ^k	-۶۷/۱۴	۴۷/۴۷ ^{hij}	۲۸/۴۰ ^{h-k}		Lioness
-۱۰/۷۵	۱/۷۷ ^a	۱/۹۴ ^a	۱۴/۹۱	۱/۲۹ ^{e-i}	۱/۴۲ ^{ijk}	-۵۶/۷۷	۶۷/۹۳ ^{abc}	۴۳/۳۳ ^{b-f}		Modena
-۱۱/۸۷	۱/۷۶ ^a	۱/۷۷ ^a	۱۵/۲۱	۱/۹۰ ^a	۲/۱۴ ^{bcde}	-۳۶/۰۵	۳۳/۵۰ ^{mn}	۲۴/۵۳ ^{ijk}		Nk bravour
-۲۵/۰۰	۱/۹۹ ^a	۱/۹۳ ^a	۱۷/۰۰	۱/۳۸ ^{d-g}	۱/۰۷ ^{f-k}	۳/۷۹	۳۵/۵۰ ^{lmn}	۳۶/۹۰ ^{fgih}		Nk fair
-۴۰/۸۶	۱/۹۹ ^a	۱/۷۴ ^a	۴۶/۳۹	۱/۲۵ ^{c-j}	۲/۱۹ ^{abc}	-۸/۰۷	۵۷/۰۰ ^{d-h}	۵۲/۵۰ ^{a-d}		Oase
-۱۱/۷۲	۱/۷۸ ^a	۱/۹۲ ^a	۳۱/۳۹	۱/۳۶ ^{d-h}	۱/۸۷ ^{c-h}	-۷/۰۹	۴۵/۸۳ ^{ijk}	۴۲/۸۰ ^{c-f}		Okapi
-۱۵/۰۲	۱/۷۵ ^a	۱/۷۷ ^a	۳۰/۰۷	۱/۰۵ ^{cde}	۲/۱۲ ^{b-e}	-۴۳/۰۳	۷۰/۲۳ ^{ab}	۴۸/۹۳ ^{a-e}		Olphi
-۳۴/۴۸	۲/۰۱ ^a	۱/۹۷ ^a	۳۹/۹۵	۱/۰۱ ^{i-m}	۱/۰۵ ^{g-k}	-۴۰/۴۹	۴۲/۶۰ ^{i-m}	۳۱/۰۳ ^{g-j}		Olpop
-۷/۷۳	۱/۷۶ ^a	۱/۸۹ ^a	۳۵/۴۴	۱/۶۵ ^{a-d}	۲/۴۳ ^{a-b}	۱/۸۵	۳۸/۸۰ ^{j-n}	۳۹/۰۳ ^{e-h}		Opera
-۲۶/۱۰	۱/۹۸ ^a	۱/۹۳ ^a	۳۶/۴۹	۱/۲۹ ^{e-i}	۱/۹۱ ^{c-g}	-۸۸/۹۰	۶۶/۳۷ ^{a-d}	۳۵/۱۳ ^{f-i}		Rpc 2023
-۱۳/۸۰	۱/۷۵ ^a	۱/۹۴ ^a	۳۷/۱۵	۱/۰۹ ^{f-l}	۱/۶۱ ^{f-k}	-۴۵/۲۲	۴۳/۵۷ ^{i-m}	۳۰/۰۰ ^{hij}		Slm 046
-۳۲/۷۷	۱/۹۹ ^a	۱/۹۴ ^a	۴۳/۴۸	۱/۰۷ ^{g-l}	۱/۷۵ ^{d-j}	-۲۳/۲۸	۵۲/۰۷ ^{f-i}	۴۲/۲۳ ^{d-g}		Smart
-۱۲/۸۲	۱/۷۶ ^a	۱/۷۷ ^a	۲۸/۷۴	۱/۱۸ ^{ab}	۲/۰۱ ^{ab}	-۲۰/۹۴	۵۸/۹۰ ^{c-g}	۴۸/۷۰ ^{a-e}		Talaye
-۲۵/۰۶	۱/۹۷ ^a	۱/۹۱ ^a	۳۲/۳۷	۱/۳۸ ^{def}	۱/۹۳ ^{c-g}	۲/۰۹	۵۷/۰۵ ^{d-h}	۵۹/۱۰ ^a		Rgs
-۱۷/۴۲	۱/۹۱ ^a	۱/۸۵ ^a	۲۷/۷۸	۱/۹۵ ^a	۲/۵۹ ^a	-۳۷/۴۳	۳۹/۱۰ ^{j-n}	۲۸/۵۰ ^{h-k}		Hayola
-۶۴/۳۳	۲/۱۰ ^a	۱/۹۷ ^a	۵۳/۳۲	۰/۷۱ ^m	۱/۳۵ ^{jk}	۵/۲۱	۵۱/۵۷ ^{ghi}	۵۴/۴۰ ^{abc}		Licord
-۲۷/۷۹	۲/۳۶ ^A	۱/۸۵ ^A	۳۵/۶۳	۱/۲۰ ^B	۱/۸۶ ^A	-۳۴/۳۹	۴۹/۲۰ ^B	۳۶/۶۰ ^A	Mیانگین	
۰/۹۵	۰/۴۵		۰/۳۱	۰/۴۲		۱۰/۳۰	۱۱/۶۰		LSD	
۰/۷۳			۰/۳۶			۱۰/۸۵			LSD	

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

رطوبتی حداقل محتوی کلروفیل (a+b) مربوط به رقم Hayola به ترتیب ۱/۲ و ۲/۳۶ میلی گرم بود (جدول ۶) که نشان‌دهنده کاهش میزان کلروفیل طی تنش خشکی و افزایش شرایط حداقل نسبت کلروفیل a/b مربوط به رقم Olpop و

نتیجه‌گیری کلی:

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد تنش خشکی تا حد زیادی فرآیند فیزیولوژیک کلزا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه تنوع قابل ملاحظه‌ای برای اکثر صفات مشاهده شد. از آنجایی که وراثت‌پذیری اکثر صفات نیز بالا بود بنابراین گزینش برای این صفات جهت تولید ارقام با عملکرد بیشتر و کیفیت برتر می‌تواند موثر باشد. بطور کلی در شرایط تنش از ضرایب تنوع ژنتیکی کاسته شد و دامنه تغییرات ارقام کاهش یافت، که نشان می‌دهد تنش خشکی یک محدودیت برای بروز میزان بالقوه تنوع ژنتیکی می‌باشد. وجود اثرات متقابل معنی دار رقم و محیط، برای برخی از صفات بیانگر واکنش متفاوت ارقام در بروز صفات طی محیط‌های مختلف است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که طی تنش خشکی صفات فیزیولوژیک شامل میزان کلروفیل، محتوی نسبی آب کاهش یافته‌ند، در حالی که میزان پرولین و نسبت کلروفیل a/b طی تنش خشکی افزایش نشان دادند. همچنین تنش خشکی باعث کاهش عملکرد، وزن هزار دانه، تعداد خورجین در کل بوته و تعداد دانه در خورجین شد. از نظر صفت فیزیولوژیک رقم 6152 Esc با داشتن بیشترین میزان محتوی نسبی آب می‌تواند به عنوان یک رقم مقاوم معرفی گردد.

حداقل آن مربوط به رقم Lioness بود. از طرفی در شرایط تنش رطوبتی حداقلر محتوی کلروفیل (a+b) مربوط به رقم Hayola و حداقلر مقدار کلروفیل a/b مربوط به رقم Licord بود. (جدول ۶). در مورد تغییر محتوای کلروفیل در اثر تنش خشکی گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. کاهش میزان کلروفیل نشان‌دهنده واکنش گیاه به تنش خشکی می‌باشد (Bayat *et al.*, 2009). نسبت کلروفیل a/b در گیاه نشان دهنده میزان فعالیت فتوستراتی است و به هم خوردن این نسبت در گیاه باعث کاهش فعالیت نظام فتوستراتی می‌شود (El-Tayeb, Kupke and Huntington, 1963).

نشان داد که کاهش نسبت کلروفیل a/b در ارقام حساس به خشکی سریع‌تر از ارقام مقاوم رخ می‌دهد. مشاهدات Jinang و Huany (2001) در آزمایش بر روی یک نوع گراس در مراحل اولیه تنش آبی افزایش محتوای کلروفیل و کاهش محتوای کلروفیل در تنش‌های طولانی مدت را مشاهده نمودند. Ebrahimiyan و همکاران (2012) نیز کاهش میزان کلروفیل و افزایش نسبت کلروفیل a/b طی تنش شدید خشکی بر روی فسکیوی بلند را گزارش نمودند.

منابع:

- کرمی، ع.، قنادها، م. ر. و نقوی، م. ر. (۱۳۸۵) شناسایی ارقام جو متحمل به خشکی، علوم کشاورزی ایران ۳۷: ۳۷۹-۳۷۱.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy.
- Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant physiology 24: 1-15.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, L. D. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
- Bayat, F., Mirlohi, A. and Khodambashi, M. (2009) Effects of endophytic fungi on some drought tolerance mechanisms of tall fescue in a hydroponics culture. Russian Journal of Plant Physiology 56: 563-570.
- Blum, A. (2012) Plant breeding for water limited environments. Springer. New York.
- Dauphin, A., El-Maarouf, H., Vienney, N., Rona, J. P. and Bouteau, F. (2001) Effect of desiccation on potassium and anion currents from young root hairs:
- ارزانی، ا. (۱۳۸۹) اصلاح گیاهان زراعی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- حیدری، ب.، سعیدی، ق.، طباطبائی، ب. و کازوهیرو، س. (۱۳۸۵) بررسی تنوع ژنتیکی و برآورد وراثت‌پذیری برخی صفات کمی در لاین‌های دابل‌هایپلوبیوت گندم، علوم کشاورزی ایران ۲: ۳۴۷-۳۵۶.
- دادیبور، م. و خودشناس، م. (۱۳۸۵) ارزیابی اثرات تنش آبی در کلزا. مجله علمی، پژوهشی علوم کشاورزی ۱۲: ۸۴۵-۸۵۳.
- زبرجد، ع.، معتمدی، ج. و زبرجدی، م. (۱۳۸۹) بررسی روند تغییرات برخی صفات مهم فیزیولوژیک کلزا در شرایط تنش خشکی. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

- a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. European Journal of Agronomy 15: 93-105.
- Qifuma, Sh., Niknam R. and Turner, D. W. (2006) Responses of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. Australian Journal of Agricultural Research 57: 221-226.
- Radin, J. W. (1983) Physiological consequences of cellular water deficits: Osmotic adjustment In: Limitations to efficient water use in crop production (eds. Taylor, H. M., Jordan, W. R. and Sinclair, T. R.) Pp.267-279. ASA, CSSA, SSSA, Madison.
- Richard, R. A. (1978) Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*) in response to drought stress. Australian Journal of Agricultural Research 29: 491-501.
- Ritchi, S. W., Naguyen H. T. and Holiday A. S. (1990) Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
- Rosielle, A. A. and Hamblin, J. (1981) Theoretical aspects of selections for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21: 943-946.
- Schonfeld, M. A., Johnson, R., Carver, B. and Mornhiweg, D. (1988) Water relation in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science 28: 526-531.
- Sharma, K. D. and Kuhad, M. S. (2006) Influence of potassium level and soil moisture regime on biochemical metabolites of Brassica Species. Brassica 8: 71-74.
- Sunayyar, S., Keles, Y. and Unal, E. (2004) Proline and ABA levels in two Sunflower genotypes subjected to water stress. Journal Plant Physiology 30: 34-47.
- Susanne Somersalo, S., Makela, P., Rajala, A., Nevo, E. and Peltonen-Sainio, P. (1998) Morphophysiological traits characterizing environmental adaptation of *Avena barbata*. Euphytica 99: 213-220.
- Tribbo, b. and renard, M. (1990) Effect of temperature and water stress on fatty acid composition of rapeseed oil (*Brassica napus* L.). Proceeding of the 10th international Rapeseed congress, Canberra, Australia.
- Turhan, H. and Baser, I. (2004) *In vitro* and *in vivo* water stress in sunflower (*Helianthus annus* L.). Helia. 27: 227-236.
- Wang, H. and Clarke, J. M. (1993) Relationship between excised-leaf water loss and stomatal frequency in wheat. Canadian Journal of Plant Science 73: 93-99.
- Yucel, D. O., Anlarsal, A. E. and Yucel, C. (2005) Genetic variability, correlation and path analysis of yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 183-188.
- Implication on tip growth. Physiologia Plantarum 113: 79-84.
- Din, J., Soukhan, I. and Gurmani, A. R. (2011) Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. Journal of Plant and Animal Sciences 21: 78-82.
- Ebrahimiyan, M., Majidi, M. M., Mirlohi, A. and Noroozi, A. (2012) Physiological traits related to drought tolerance in tall fescue. Euphytica 190: 401-414.
- El-Tayeb, M. A. (2006) Differential response of two *vicia faba* cultivars to drought: growth, pigments, lipid, peroxidation, organic solutes, catalase, and peroxydase activity. Acta Agronomica Hungarica 54: 25-37.
- FAO. (2007) Food outlook. Global Market Analysis. http://www.fao.org/food_outlook.com.
- Hallauer, A. R., Carena, M. J. and Miranda, J. B. (2010) Quantitative genetics in maize breeding. Iowa state university press.
- Jinang, Y., and Huany, N. (2001) Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science 41: 436-442.
- Kaiserlatif, C. H. and Sadaqat, H. A. (2004) Potential and genetic basis of drought tolerance in canola (*Brassica napus*). Heterosis manifestation in some morphophysiological traits in canola. International Journal of Agriculture and Biology 6: 82-85.
- Kumar, P. B. and Paul, N. K. (1997) Effect of water stress on chlorophyll, prolin and sugar accumulation in rape (*Brassica campestris* L.). Bangladesh Journal of Botany 26: 83-85.
- Kupke, D. W., and Huntington, J. L. (1963) Chlorophyll 'a' appearance in the dark in higher plants: analytical notes. Science 140: 49-51.
- Ma, Q. F., Turner, D. W., Levy, D. and Cowling, W. A. (2004) Solute accumulation and osmotic adjustment in leaves of Brassica Oilseeds in response to soil water deficit. Australian Journal of Agricultural Research 55: 939-945.
- Mackey, J. (1970) An ecological model for yield in small grains. In seminar series. Iowa State University Department of Agronomy: 128-49.
- Mafakheri, A., Siosemarde, B., Bahramnejad, P., Struik, C. and Sohrabi, E. (2010) Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science 4: 580-585.
- Major, D. J. (1997) Analysis of irrigation rape. Journal Plant Science 57: 193-197.
- Nanjo, T., Yoshida, Y., Sanada, Y., Wada, K. and Shinzaki, K. (1998) Roles of proline in osmotic stress tolerance and morphogenesis of *Arabidopsis thaliana*. Plant and Cell Physiology Supplement 39: 104-108.
- Pandey, R. K., Maranville, J. W. and Admou, A. (2001) Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in