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

محمد مهدی مجیدی*، محسن جعفرزاده قهدریجانی، فاطمه رشیدی و آقافخر میرلوحی

گروه زراعت واصلاح 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 ۲۸ رقم کلزا در دو محیط رطوبتی نرمال و تنش خشکی مزرعه انجام شد. ژنوتیپ‌ها 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 Gkh 305 در شرایط عدم تنش بیشترین مقدار محتوای آب نسبی برگ (RWC) را به خود اختصاص دادند واز نظر این صفت فیزیولوژیک متحمل به خشکی شناخته شدند.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، تنوع ژنتیکی، فیزیولوژی

مقدمه:

کلزا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در حدود ۱۲ درصد از میزان کل تولید جهانی دانه‌های روغنی را که در حدود ۳۷۷/۶ میلیون تن می باشد 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 که رطوبت کافی برای حداکثر رشد بالقوه گیاه وجود نداشته باشد (Blum, 2012). ایران با میانگین بارندگی سالیانه ۲۴۰ میلی متر، در زمره 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

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: majidi@cc.iut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

شامل صفات فیزیولوژیک و به همان اندازه مورفولوژیک و صفات فنولوژیک است بنابراین انتخاب تنها بر اساس یک مکانیسم تحمل به خشکی برای بهبود عملکرد مناسب نخواهد بود (Susanne Somersalo *et al.*, 1998). Radin (۱۹۸۳) اعتقاد دارد که گیاهان به ندرت تنها از طریق یک صفت فیزیولوژیک یا مرفولوژیک واکنش تحمل را نشان می‌دهند و معمولا همزمان چند فرآیند در این واکنش وارد عمل می‌شوند. بر این اساس گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی از طریق انتخاب غیرمستقیم بر اساس صفات مورفو- فیزیولوژیک که برای تحمل به تنش همبسته هستند مورد توجه قرار گرفته است (کرمی و همکاران، ۱۳۸۵).

مطالعات زیادی در زمینه تنش خشکی در کلزا صورت گرفته است و شماری از ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفورلوژیک مؤثر در تحمل به تنش خشکی گزارش شده است (Kaiserlatif and Sadaqat, 2004 و Qifuma *et al.*, 2006). بر اساس گزارشی تنش 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، تنش کمبود آب در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه تأثیر منفی روی عملکرد دانه دارد. زبرجد و همکاران (۱۳۸۹) با اعمال تنش 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 تنش خشکی بر روی ارقام نخود عملکرد گیاه، میزان کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل کاهش یافتند در حالی‌که میزان پرولین بطور معنی‌داری افزایش نشان داد. Ebrahimiyan و همکاران (۲۰۱۲) با اعمال تنش بر روی ارقام فسکیوی بلند مشاهده کردند که در تنش شدید میزان کلروفیل کاهش یافت در حالی‌که در تنش متوسط افزایش معنی‌داری نشان داد. همچنین تنش شدید نسبت کلروفیل a/b را افزایش داد ولی تنش متوسط هیچ تأثیری بر روی این نسبت نداشت. پرولین در هر دو سطح تنش متوسط و شدید افزایش معنی‌داری نشان داد.

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 راه‌کارهای مناسب در تولید محصول در محیط های خشک می‌تواند مفید واقع شود. بر این اساس این پژوهش با هدف بررسی تحمل به خشکی ارقام کلزا بر اساس عملکرد وصفات فیزیولوژیک و شناسائی ارقام متحمل به تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ 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 تنش و تنش خشکی آخر فصل هر یک در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. در داخل هر بلوک، پلاتها در دو ردیف که هر ردیف شامل ۱۴ پلات بود، در نظر گرفته شدند. هر پلات شامل ۶ ردیف کاشت ۲ متری با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود. ارقام درهر پلات بصورت دستی و با تراکم ۸۰ بوته در متر مربع در عمق ۰/۵ تا ۱/۵ سانتیمتری کشت شدند.

برای اعمال تنش 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 تنش با اندازه‌گیری رطوبت خاک و محاسبه عمق آبیاری، وضعیت تمامی کرتها از نظر رطوبتی یکسان شد. محیط‌های رطوبتی مورد استفاده شامل محیط بدون تنش رطوبتی با اعمال ضریب MAD (Management Allowed Depletion) (متوسط کسری از کل آب در دسترس که می‌تواند از عمق توسعه ریشه تخلیه شود بدون اینکه به گیاه تنشی وارد شود) برابر با ۵۰ درصد (Allen *et al.*, 1998) و محیط تنش رطوبتی با اعمال

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش

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

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 کاملا 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 تورژسانس نمونه برگی می‌باشد.

$$RWC(\%)=[(W_f - W_d)/(W_t - W_d)]\times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

اندازه‌گیری پرولین (میکرومول در گرم ماده گیاهی) به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) انجام شد. برای این کار از هر نمونه مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم برگ تازه انتخاب و شدت جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر(APEL PD-303S) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوی کلروفیل از روش آرنون (Arnon, 1949) استفاده شد. در این روش از قسمت پهنک برگ تازه استفاده گردید و برای حل شدن کلروفیل برگ از استون ۸۰ درصد استفاده گردید. میزان جذب نوری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ 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:

Cchl a (mg/g leaf) = ((12/7*Abs 663)-(2/6*Abs 645))*mlAcetone/mg leaf رابطه (۲)

Cchl b(mg/g leaf)=((22/9*Abs 645)-(4/68*Abs 663))*mlAcetone/mg leaf رابطه (۳)

Cchl total(mg/g)= Cchl a + Cchl b رابطه (۴)

Cchl a/b = Cchl a / Cchl b رابطه (۵)

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

Archive of SID

www.SID.ir

a به b و645 Abs و 663 Abs 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 متشکله واریانس با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات طرح آماری برآورد 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:

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

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

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

6^2_g، 6^2_p و $\bar{x}$ به ترتیب نشان دهنده واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی و میانگین صفات می‌باشند.

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. به‌طورکلی دامنه تغییرات برای صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش خشکی کمتر از شاهد بود. به‌عنوان 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 پرولین 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 پرولین دارای بیشترین و صفات درصد روغن، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی کمترین میزان بودند. محاسبه میزان ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی برای صفات پرولین 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 به‌نژادی و تولید ارقام پرمحصول دسترسی به منابع ژنتیکی، اطلاع از ساختار ژنتیکی ژنوتیپ 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 تنش 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. برآورد وراثت‌پذیری 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 وراثت‌پذیری عمومی را دارا بودند. تعدادی از صفات مانند پرولین و کلروفیل از وراثت‌پذیری بیشتری در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط عادی رطوبتی برخوردار بودند. عملکرد دانه از وراثت‌پذیری 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 وراثت‌پذیری 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 حداکثر رساندن بهبود

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

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

		میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	خورجین در واحد سطح	تعداد خورجین در بوته	خورجین در ساقه اصلی	تعداد دانه در خورجین	طول خورجین (سانتی متر)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه در بوته (گرم)	تعداد شاخه	عملکرد در واحد سطح (کیلو گرم)	شاخص برداشت (درصد)
محیط	۱	۲۹۲۶۶۷۵۲**	۴۵۶۷/۷۱**	۱۲۲۱/۴۸**	۲/۳۶**	۰/۹۰**	۱/۴۵^{ns}	۶/۰۵**	۱/۲۰**	۳۰۴۲۱۲۱**	۳۱/۲۶**
تکرار در محیط	۴	۱۱۱۷۴۰۹	۱۷۳/۳۳	۲۲/۳۲	۰/۳۹	۰/۰۳	۰/۴۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۳۱۱۰	۰/۹۰
رقم	۲۷	۲۴۲۴۴۷۵**	۳۷۹/۲۸**	۴۵/۸۶**	۶/۲۶**	۱/۰۲**	۰/۴۴**	۰/۴۴**	۲/۲۱**	۳۰۹۵۵۲**	۳۵/۰۶**
رقم×محیط	۲۷	۷۵۲۴۴۱**	۱۱۷/۲۲**	۱۷/۵۸**	۰/۴۸^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۱۳**	۰/۱۱**	۰/۱۱^{ns}	۷۲۶۲۲**	۰/۶۶^{ns}
خطای b	۱۰۸	۲۳۱۶۳۱	۳۶/۲۴	۳/۵۶	۰/۴۹	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۱۳	۵۰۴۸	۰/۶۵
ضریب تغییرات(٪)		۶/۰۲	۶/۰۳	۵/۴۷	۴/۰۵	۲/۸۷	۷/۱۲	۲/۱۲	۶/۴۴	۲/۴۳	۳/۳۹

^{ns} ,* و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ژنتیکی است، محاسبه می‌کند (Hallauer *et al.*, 2010).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که تنش رطوبتی بر روی تمامی صفات بجز وزن هزار دانه روز تا گلدهی و ارتفاع بوته تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. اثر متقابل ژنوتیپ 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 معنی‌دار 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 ۲۳۱/۳۳ 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 اندام‌های هوایی را افزایش دهد (Mackey, 1970).

در شرایط عدم تنش بیشترین تعداد خورجین در گیاه مربوط به رقم Lioness با میانگین ۱۲۳ و کمترین تعداد خورجین را رقم Talaye با میانگین ۸۷ داشت. در شرایط تنش رطوبتی، بیشترین تعداد خورجین در گیاه مربوط به رقم Slm 046 با میانگین ۱۱۸ و کمترین تعداد خورجین در گیاه مربوط به رقم Licord با میانگین ۸۰/۶۷ در شرایط تنش رطوبتی بود (جدول۴). 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 داری را به دنبال خواهد داشت.

بیشترین تعداد دانه در خورجین در شرایط بدون تنش مربوط به رقم Olpop با میانگین ۲۰/۲ و کمترین آن مربوط به رقم Rgs با میانگین ۱۵/۷۳ بود. در شرایط تنش رطوبتی بیشترین تعداد دانه در خورجین را رقم Talaye با میانگین ۱۹/۹۷ و کمترین آن را رقم Rpc 2023 با میانگین ۱۵/۶۷ عدد دانه به خود اختصاص دادند (جدول ۴). کاهش تعداد دانه در خورجین در اثر تنش خشکی بوسیله Trribo و renard (۱۹۹۰) و Major (۱۹۹۷) نیز تایید شده است. تنش خشکی در مرحله گرده افشانی موجب عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌گردد که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در خورجین باشد. از آنجایی که تنش خشکی اجزاء عملکرد نظیر تعداد

Archive of SID

www.SID.ir

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

رقم	روز تا رسیدگی			تعداد خورجین در بوته			تعداد دانه در خورجین		
	عدم تنش	تنش	درصد تغییر	عدم تنش	تنش	درصد تغییر	عدم تنش	تنش	درصد تغییر
Anatol	۲۵۱/۶۷^{cde}	۲۴۳/۳۳$^{d-g}$	۳/۳۱	۱۰۴/۰۰$^{d-i}$	۱۰۳/۰۰^{bcd}	۰/۹۶	۱۶/۹۷$^{e-h}$	۱۶/۴۷$^{g-j}$	۲/۹۵
Billy	۲۵۰/۶۷^{def}	۲۴۰/۶۷^{ghi}	۳/۹۹	۱۰۰/۰۰$^{f-k}$	۹۴/۶۷$^{d-h}$	۵/۳۳	۱۹/۲۰^{ab}	۱۷/۸۷^{cde}	۶/۹۴
Eldo	۲۵۲/۰۰^{cde}	۲۴۴/۶۷^{cde}	۲/۹۱	۱۰۷/۶۷$^{b-f}$	۱۰۵/۶۷^{b}	۱/۸۶	۱۶/۲۰$^{g-j}$	۱۵/۸۷^{ij}	۲/۰۶
Ella	۲۴۸/۰۰^{ghi}	۲۴۵/۳۳^{cde}	۱/۰۸	۹۹/۶۷$^{f-k}$	۱۰۱/۰۰^{be}	−۱/۳۴	۱۷/۴۰$^{c-f}$	۱۶/۹۷$^{d-i}$	۲/۴۹
Es astric	۲۵۴/۶۷^{ab}	۲۴۵/۶۷^{cde}	۳/۵۳	۹۹/۶۷$^{f-k}$	۹۲/۰۰$^{e-j}$	۷/۶۹	۱۷/۲۰^{efg}	۱۶/۸۰$^{e-j}$	۲/۳۳
Es betty	۲۴۸/۳۳$^{f-i}$	۲۴۴/۶۷^{cde}	۱/۴۸	۹۶/۶۷$^{g-k}$	۹۴/۰۰$^{d-h}$	۲/۷۶	۱۶/۸۴$^{e-i}$	۱۶/۴۰^{hij}	۲/۵۹
Es saphir	۲۴۹/۶۷^{efg}	۲۴۶/۶۷^{bc}	۱/۲۰	۱۰۴/۰۰$^{d-i}$	۸۴/۳۳^{jkl}	۱۸/۹۱	۱۷/۲۰^{efg}	۱۶/۶۰$^{f-j}$	۳/۴۹
Esc 6152	۲۵۰/۶۷^{def}	۲۴۶/۶۷^{bc}	۱/۶۰	۱۰۶/۶۷$^{c-g}$	۹۷/۳۳$^{b-g}$	۸/۷۵	۱۸/۳۷^{bc}	۱۷/۲۰$^{c-h}$	۶/۳۵
Gk Helena	۲۵۴/۰۰^{abc}	۲۵۰/۳۳^{a}	۱/۴۴	۹۵/۶۷$^{h-l}$	۹۴/۳۳$^{d-h}$	۱/۳۹	۱۸/۲۶^{bcd}	۱۷/۸۰$^{c-f}$	۲/۵۲
Gkh 1103	۲۴۶/۰۰^{ij}	۲۴۱/۶۷$^{f-i}$	۱/۷۶	۱۰۲/۶۷$^{e-j}$	۹۲/۰۰$^{e-j}$	۱۰/۳۹	۱۷/۱۳^{efg}	۱۷/۱۳$^{d-h}$	−۰/۰۲
Gkh 305	۲۵۲/۳۳^{bcd}	۲۴۴/۶۷^{cde}	۳/۰۴	۱۰۳/۰۰$^{e-j}$	۸۷/۳۳$^{h-l}$	۱۵/۲۱	۱۷/۱۸^{efg}	۱۷/۸۳$^{c-f}$	−۳/۷۸
Lilian	۲۵۴/۰۰^{jk}	۲۴۳/۰۰$^{e-h}$	۰/۸۲	۱۲۰/۰۰^{a}	۹۴/۰۰$^{d-h}$	۲۱/۶۷	۱۶/۵۰$^{f-j}$	۱۷/۰۰$^{d-i}$	−۳/۰۳
Lioness	۲۴۵/۰۰^{jk}	۲۴۰/۰۰^{i}	۲/۰۴	۱۲۳/۰۰^{a}	۹۱/۶۷$^{f-k}$	۲۵/۴۷	۱۶/۰۰^{hij}	۱۶/۷۷$^{e-j}$	−۴/۷۹
Modena	۲۴۹/۰۰^{fgh}	۲۴۵/۰۰^{cde}	۱/۶۱	۱۰۲/۶۷$^{e-j}$	۹۳/۳۳$^{e-j}$	۹/۰۹	۱۸/۶۰^{b}	۱۸/۱۳^{cd}	۲/۵۱
Nk bravour	۲۵۳/۳۳^{abc}	۲۴۹/۰۰^{ab}	۱/۷۱	۹۷/۳۳$^{f-l}$	۱۰۱/۰۰$^{b-e}$	−۳/۷۷	۱۶/۴۷$^{f-j}$	۱۵/۸۰^{ij}	۴/۰۵
Nk fair	۲۴۸/۳۳^{fi}	۲۴۴/۰۰$^{c-f}$	۱/۷۴	۱۱۷/۰۰^{abc}	۱۰۴/۳۳^{bc}	۱۰/۸۳	۱۸/۸۰^{b}	۱۸/۰۷^{cd}	۳/۹۰
Oase	۲۴۳/۳۳^{k}	۲۴۰/۰۰^{i}	۱/۳۷	۱۱۹/۰۰^{a}	۱۰۴/۶۷^{b}	۱۲/۰۴	۱۶/۷۰$^{e-j}$	۱۶/۳۳^{hij}	۲/۲۰
Okapi	۲۵۳/۳۳^{abc}	۲۴۵/۶۷^{cde}	۳/۰۳	۹۹/۳۳$^{f-k}$	۱۰۰/۰۰$^{b-f}$	−۰/۶۷	۱۷/۱۳^{efg}	۱۶/۸۰$^{e-j}$	۱/۹۵
Olphi	۲۵۰/۰۰$^{d-g}$	۲۴۶/۰۰^{cd}	۱/۶۰	۹۳/۶۷$^{i-l}$	۸۲/۰۰^{l}	۱۲/۴۶	۱۶/۴۰$^{f-j}$	۱۶/۴۷$^{g-j}$	−۰/۴۱
Olpop	۲۴۹/۶۷^{efg}	۲۴۰/۰۰^{i}	۳/۸۷	۱۰۵/۰۰$^{d-h}$	۸۸/۳۳$^{g-l}$	۱۵/۸۷	۲۰/۲۰^{a}	۱۹/۴۳^{ab}	۳/۸۰
Opera	۲۵۵/۶۷^{a}	۲۵۱/۰۰^{a}	۱/۸۳	۹۲/۰۰^{kl}	۸۴/۶۷$^{i-l}$	۷/۹۷	۱۷/۵۷^{cde}	۱۸/۴۰^{bc}	−۴/۷۴
Rpc 2023	۲۴۸/۳۳^{fi}	۲۴۴/۳۳$^{c-f}$	۱/۶۱	۱۰۶/۳۳$^{d-g}$	۹۷/۳۳$^{b-g}$	۸/۴۶	۱۵/۸۳^{ij}	۱۵/۶۷^{j}	۱/۰۵
Slm 046	۲۴۷/۶۷^{ghi}	۲۴۳/۶۷^{def}	۱/۶۲	۱۲۱/۶۷^{a}	۱۱۸/۰۰^{a}	۳/۰۱	۱۷/۰۳^{efg}	۱۶/۶۳$^{e-j}$	۲/۳۵
Smart	۲۴۶/۰۰^{ij}	۲۴۳/۰۰$^{e-h}$	۱/۲۲	۱۱۳/۶۷$^{a-d}$	۹۵/۳۳$^{c-h}$	۱۶/۱۳	۱۷/۵۳^{cde}	۱۷/۲۷$^{c-h}$	۱/۵۲
Talaye	۲۴۶/۳۳^{ij}	۲۴۰/۳۳^{hi}	۲/۴۴	۸۷/۰۰^{l}	۸۲/۶۷^{kl}	۴/۹۸	۱۸/۹۳^{b}	۱۹/۹۷^{a}	−۵/۴۶
Rgs	۲۳۴/۰۰^{l}	۲۳۱/۳۳^{j}	۱/۱۴	۱۱۳/۰۰$^{a-e}$	۹۲/۰۰$^{e-j}$	۱۸/۵۸	۱۵/۷۳^{j}	۱۵/۸۷^{ij}	−۰/۸۵
Hayola	۲۴۷/۰۰^{hij}	۲۳۹/۰۰^{i}	۳/۲۴	۱۱۷/۶۷^{ab}	۹۳/۶۷$^{e-i}$	۲۰/۴۰	۱۸/۳۰^{bcd}	۱۷/۶۷$^{c-g}$	۳/۴۶
Licord	۲۴۶/۰۰^{ij}	۲۴۳/۶۷^{def}	۰/۹۵	۹۳/۳۳^{jkl}	۸۰/۶۷^{l}	۱۳/۵۷	۱۷/۳۳^{def}	۱۷/۱۷$^{c-h}$	۰/۹۶
میانگین	۲۴۸/۷۸^{A}	۲۴۳/۶۹^{B}	۲/۰۴	۱۰۵/۰۴^{A}	۹۴/۶۱^{B}	۹/۹۲	۱۷/۳۹^{A}	۱۷/۱۵^{A}	۳/۳۶
LSD	۲/۴۸	۲/۶۸		۱۰/۳۹	۹/۲۸		۱/۰۱	۱/۲۶	
LSD اثر متقابل		۲/۵۵			۹/۷۴			۱/۱۳	

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

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.

مقایسه میانگین برای صفت عملکرد نشان داد که رقم Nk fair 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 رطوبتی داشتند. در شرایط تنش رطوبتی Es saphir با میانگین ۲۲۴۶ کیلوگرم در هکتار کمترین

Archive of SID

www.SID.ir

و رقم Nk fair با میانگین ۳۵۰۳ 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 ۲۷۸۳ و ۳۰۵۲ کیلوگرم در هکتار بود که به میزان ۸/۸ 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 (جدول۳). 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 ۷۷/۱۲ درصد و در شرایط تنش رطوبتی ۷۱/۷۹ درصد بود که میزان ۶/۹۱ درصد کاهش نشان می‌دهد. دامنه تغییرات این صفت در شرایط عدم تنش رطوبتی بین ۸۵/۶۳ درصد برای Gkh 305 و ۷۱/۹۷ درصد برای Licord بود. در شرایط تنش رطوبتی، بیشترین مقدار RWC متعلق به رقم Esc 6152 با میانگین۸۱/۰۳ درصد و کمترین آن به Gkh 305 با میانگین ۶۶/۴ درصد اختصاص داشت (جدول ۵).

برطبق نظر Allen و همکاران (۱۹۹۸) نیز کاهش در محتوی نسبی آب برگ با کاهش در میزان فتوسنتز و نهایتا 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 متحمل به خشکی در هنگام تنش مقدار محتوی نسبی آب برگ بیشتری نسبت به ارقام حساس دارا بودند بنابراین میزان آب نسبی برگ را به‌عنوان یک نشانگر تحمل به خشکی پیشنهاد کردند. بر اساس نظر Wang و Clarke (۱۹۹۳) محتوی نسبی آب نیز مقیاس دیگری جهت شناسایی ارقام مقاوم و حساس می‌باشد. Ebrahimiyan و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند تحت شرایط تنش متوسط، 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 متحمل به خشکی به‌شمار می‌آید.

محتوای پرولین از میانگینی برابر با ۳۶/۶ در شرایط بدون تنش رطوبتی و ۴۹/۲ میکرومول در گرم وزن‌تر در شرایط تنش رطوبتی برخوردار بود که نشان می‌دهد در شرایط تنش به میزان ۳۴/۴ درصد نسبت به حالت عدم تنش افزایش نشان داد (جدول۶). 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 (۲۰۰۴) و Sharma و Kuhad (۲۰۰۶) مطابقت دارد. Sunyayar و همکاران (۲۰۰۴) و Din و همکاران (۲۰۱۱) با تحقیقی که به‌ترتیب 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 گزینش 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

Archive of SID

www.SID.ir

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

رقم	وزن هزار دانه (گرم)			عملکرد در هکتار (کیلوگرم)			محتوی نسبی آب برگ (درصد)		
	عدم تنش	تنش	درصد تغییر	عدم تنش	تنش	درصد تغییر	عدم تنش	تنش	درصد تغییر
Anatol	۳/۵۶$^{b-g}$	۳/۶۲$^{d-h}$	-۱/۵۰	۳۰۹۰^{be}	۲۸۲۴$^{e-h}$	۸/۶۰	۷۸/۳۰^{cd}	۷۲/۹۳$^{c-f}$	۶/۸۵
Billy	۳/۴۲$^{d-h}$	۳/۴۹^{fgh}	-۲/۱۵	۳۱۸۱^{b}	۲۶۸۹^{ij}	۱۵/۴۶	۷۷/۳۷^{cde}	۶۹/۳۰^{ijk}	۱۰/۴۳
Eldo	۳/۶۵$^{a-f}$	۳/۶۵$^{d-h}$	-۰/۱۸	۳۰۶۳$^{c-f}$	۲۸۷۰^{def}	۶/۳۱	۷۶/۲۰^{ef}	۷۳/۱۷^{cde}	۳/۹۸
Ella	۳/۸۰$^{a-d}$	۳/۶۹$^{c-h}$	۲/۸۹	۳۱۸۳^{b}	۲۹۸۷^{cd}	۶/۱۵	۸۰/۶۷^{b}	۷۴/۹۳^{c}	۷/۱۱
Es astric	۳/۸۱$^{a-d}$	۳/۵۱$^{e-h}$	۷/۹۶	۳۰۴۰$^{d-g}$	۲۳۱۱^{lm}	۲۳/۹۸	۸۱/۵۷^{b}	۶۹/۷۰^{hij}	۱۴/۵۵
Es betty	۳/۹۷^{ab}	۳/۹۲$^{b-e}$	۱/۴۳	۲۹۲۶^{hij}	۲۸۵۶^{ef}	۲/۴۰	۷۴/۸۳^{c}	۷۴/۳۷^{gh}	-۰/۶۳
Es saphir	۳/۶۶$^{a-f}$	۳/۹۲$^{b-e}$	-۷/۰۱	۳۰۶۸$^{c-f}$	۲۲۴۶^{m}	۲۶/۷۹	۷۶/۳۳^{ef}	۶۹/۱۷$^{i-l}$	۹/۳۹
Esc 6152	۳/۲۶$^{f-j}$	۳/۵۱$^{e-h}$	-۷/۵۶	۳۱۰۶^{bcd}	۲۷۷۶$^{f-i}$	۱۰/۶۰	۸۵/۵۷^{a}	۸۱/۰۳^{a}	۵/۳۰
Gk Helena	۳/۲۸$^{f-j}$	۳/۴۱^{gh}	-۴/۱۷	۲۷۵۷^{kl}	۲۶۶۰^{ij}	۳/۵۲	۷۳/۳۷$^{g-j}$	۶۶/۹۰^{m}	۸/۸۱
Gkh 1103	۳/۵۶$^{b-g}$	۳/۸۹$^{b-f}$	-۹/۲۶	۲۹۹۷$^{e-h}$	۲۸۳۸^{efg}	۵/۳۰	۷۸/۸۳^{c}	۷۱/۵۳$^{e-h}$	۹/۲۶
Gkh 305	۳/۶۷$^{a-f}$	۳/۴۱^{h}	۷/۰۸	۳۱۱۸^{bcd}	۲۳۹۴^{kl}	۲۳/۲۲	۸۵/۶۳^{a}	۶۶/۴۰^{m}	۲۲/۴۶
Lilian	۳/۱۰^{hij}	۳/۸۳$^{b-g}$	-۲۳/۵۵	۳۰۳۰$^{d-g}$	۲۹۴۰^{cde}	۲/۹۷	۷۶/۲۰^{ef}	۷۳/۰۷^{cde}	۴/۱۱
Lioness	۳/۱۰^{hij}	۴/۰۹^{bc}	-۳۱/۸۳	۳۰۳۰$^{d-g}$	۲۸۹۰^{def}	۴/۶۰	۷۸/۳۰^{cd}	۷۱/۹۰$^{d-g}$	۸/۱۷
Modena	۳/۳۰$^{f-i}$	۳/۵۳$^{e-h}$	-۶/۹۸	۲۹۷۴^{fgh}	۲۷۲۵$^{g-j}$	۸/۳۸	۷۳/۴۰$^{g-j}$	۶۷/۴۰^{klm}	۸/۱۷
Nk bravour	۴/۰۶^{a}	۳/۹۸^{bcd}	۲/۱۳	۳۱۵۱^{bc}	۳۰۵۸^{bc}	۲/۹۵	۷۸/۷۷^{c}	۷۸/۳۳^{b}	۰/۵۵
Nk fair	۳/۲۰$^{g-j}$	۳/۶۰$^{d-h}$	-۱۲/۲۸	۳۸۰۸^{a}	۳۵۰۳^{a}	۸/۰۲	۸۲/۲۷^{b}	۸۰/۳۷^{ab}	۲/۳۱
Oase	۳/۷۴$^{a-e}$	۳/۷۵$^{b-h}$	-۰/۳۶	۳۷۵۱^{a}	۳۱۲۷^{b}	۱۶/۶۵	۸۴/۵۷^{a}	۷۳/۶۰^{cde}	۱۲/۹۷
Okapi	۳/۷۳$^{a-e}$	۳/۶۰$^{d-h}$	۳/۴۰	۳۰۵۱$^{c-f}$	۲۸۷۶^{def}	۵/۷۳	۷۶/۴۰^{ef}	۷۳/۷۷^{cd}	۳/۴۵
Olphi	۳/۹۵^{abc}	۴/۵۵^{a}	-۱۵/۰۱	۲۸۵۳^{ijk}	۲۸۳۱$^{e-h}$	۰/۷۶	۷۴/۹۰^{fg}	۷۳/۴۰^{cde}	۲/۰۰
Olpop	۳/۱۰^{hij}	۳/۶۴$^{d-h}$	-۱۷/۵۵	۳۰۸۰$^{b-e}$	۲۸۷۸^{def}	۶/۵۶	۷۷/۸۳^{cde}	۶۸/۳۳$^{j-m}$	۱۲/۲۱
Opera	۳/۷۵$^{a-d}$	۳/۷۷$^{b-h}$	-۰/۵۳	۲۸۴۷^{ijk}	۲۷۰۶^{hij}	۴/۹۵	۷۲/۹۳^{hij}	۶۷/۵۷^{klm}	۷/۳۶
Rpc 2023	۳/۳۲$^{e-i}$	۳/۶۵$^{d-h}$	-۹/۹۳	۲۵۵۱^{m}	۲۴۶۸^{k}	۳/۲۵	۷۲/۲۳^{ij}	۷۰/۸۳$^{f-i}$	۱/۹۴
Slm 046	۲/۸۷^{j}	۲/۹۲^{i}	-۱/۸۶	۲۷۳۷^{l}	۲۶۵۷^{ij}	۲/۹۱	۷۳/۶۷^{ghi}	۷۳/۰۷^{cde}	۰/۸۱
Smart	۳/۳۹$^{d-h}$	۳/۶۵$^{d-h}$	-۷/۶۸	۳۱۴۴^{bc}	۲۸۷۴^{def}	۸/۵۸	۷۴/۲۳^{gh}	۷۰/۸۰^{ghi}	۴/۶۳
Talaye	۳/۷۷$^{a-d}$	۳/۶۸$^{c-h}$	۲/۲۱	۲۹۴۷^{ghi}	۲۸۵۰^{efg}	۳/۲۸	۷۳/۳۷$^{g-j}$	۷۰/۵۰^{ghi}	۳/۹۱
Rgs	۳/۵۴$^{c-g}$	۳/۸۴$^{b-f}$	-۸/۵۸	۳۰۵۷$^{c-f}$	۲۶۰۶^{j}	۱۴/۷۴	۷۶/۶۷^{de}	۶۷/۱۰^{lm}	۱۲/۴۸
Hayola	۲/۹۶^{ij}	۳/۳۸^{h}	-۱۴/۳۲	۳۰۸۲$^{b-e}$	۲۸۶۵^{def}	۷/۰۶	۷۳/۶۷^{ghi}	۷۰/۷۷^{ghi}	۳/۹۴
Licord	۳/۸۶^{abc}	۴/۱۱^{b}	-۶/۶۶	۲۸۴۱^{jk}	۲۶۲۱^{j}	۷/۷۳	۷۱/۹۷^{j}	۶۹/۴۳$^{h-k}$	۳/۵۲
میانگین	۳/۵۱^{A}	۳/۶۹^{A}	۵/۲۹	۳۰۵۲^{A}	۲۷۸۳^{B}	۸/۸۱	۷۷/۱۲^{A}	۷۱/۷۹^{B}	۶/۹۱
LSD	۰/۴۲	۰/۴۱		۱۰۳/۱۹	۱۲۸/۰۹		۱/۶۳	۲/۱۰	
LSD اثر متقابل	۰/۴۱			۱۱۴/۹۹			۰/۴۱		

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

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

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

Archive of SID

www.SID.ir

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

رقم	پرولین (میکرو مول در گرم وزن تر)			کلروفیل (میلی گرم در گرم وزن تر)			نسبت کلروفیلa به b		
	عدم تنش	تنش	درصد تغییر	عدم تنش	تنش	درصد تغییر	عدم تنش	تنش	درصد تغییر
Anatol	۲۴/۶۷^{ijk}	۴۳/۹۷$^{i-l}$	−۷۸/۲۴	۱/۶۱$^{f-k}$	۰/۹۵$^{j-m}$	۴۵/۰۶	۱/۹۳^{a}	۲/۰۰^{a}	−۲۹/۰۲
Billy	۳۰/۵۳^{hij}	۳۵/۷۷$^{k-n}$	−۱۷/۱۴	۱/۸۳$^{c-i}$	۱/۱۴$^{f-k}$	۴۲/۶۳	۱/۷۶ ^{a}	۱/۷۳^{a}	−۲۸/۶۷
Eldo	۱۹/۶۳^{jk}	۲۲/۶۰^{o}	−۱۵/۱۱	۱/۵۵$^{g-k}$	۱/۰۹$^{f-l}$	۳۵/۶۳	۱/۹۵ ^{a}	۲/۰۴^{a}	−۴۰/۲۲
Ella	۲۹/۳۳^{hij}	۵۳/۳۰$^{e-i}$	−۸۱/۷۰	۲/۵۳^{ab}	۱/۷۵^{abc}	۳۶/۳۳	۱/۷۸ ^{a}	۱/۹۶ ^{a}	−۴۱/۸۶
Es astric	۲۲/۲۰^{jk}	۲۱/۱۷^{o}	۴/۶۵	۱/۴۸$^{h-k}$	۱/۰۸$^{f-l}$	۳۱/۳۸	۱/۷۶ ^{a}	۲/۰۱ ^{a}	−۴۲/۵۶
Es betty	۲۲/۵۰^{jk}	۶۲/۹۳$^{b-e}$	−۱۷۹/۷۰	۱/۴۰^{jk}	۰/۷۹^{lm}	۴۹/۳۷	۱/۹۷ ^{a}	۲/۰۹ ^{a}	−۵۵/۲۷
Es saphir	۵۴/۵۰^{ab}	۶۲/۲۰$^{b-f}$	−۱۴/۱۳	۱/۶۱$^{f-k}$	۱/۰۶$^{h-l}$	۳۹/۶۸	۱/۷۴ ^{a}	۱/۷۴ ^{a}	−۲۵/۷۱
Esc 6152	۳۵/۸۳$^{f-i}$	۵۶/۴۰$^{d-h}$	−۵۷/۴۰	۱/۹۸$^{c-f}$	۱/۲۶$^{e-j}$	۴۰/۳۶	۱/۹۱ ^{a}	۱/۹۷ ^{a}	−۲۷/۴۰
Gk Helena	۴۲/۳۰$^{d-g}$	۷۴/۷۷^{a}	−۷۶/۷۵	۱/۷۳$^{e-k}$	۱/۳۸^{def}	۲۴/۴۷	۱/۷۱ ^{a}	۱/۹۶ ^{a}	−۳۸/۱۷
Gkh 1103	۵۰/۰۳$^{a-e}$	۶۸/۰۷^{abc}	−۳۶/۰۴	۲/۲۰^{abc}	۱/۵۶$^{b-e}$	۳۲/۷۹	۱/۷۶ ^{a}	۱/۷۶ ^{a}	−۱۶/۴۹
Gkh 305	۳۰/۶۰^{hij}	۳۱/۲۷^{no}	−۲/۱۸	۱/۸۶$^{c-h}$	۱/۱۴$^{f-k}$	۴۲/۹۲	۱/۹۳ ^{a}	۲/۰۰ ^{a}	−۳۱/۰۶
Lilian	۱۶/۹۰^{k}	۳۶/۱۳$^{k-n}$	−۱۱۳/۸۱	۱/۹۳$^{c-g}$	۱/۱۵$^{f-k}$	۴۴/۷۱	۱/۶۳ ^{a}	۱/۷۳ ^{a}	−۳۱/۹۳
Lioness	۲۸/۴۰$^{h-k}$	۴۷/۴۷^{hij}	−۶۷/۱۴	۱/۳۲^{k}	۰/۸۴^{klm}	۴۲/۲۲	۱/۵۵ ^{a}	۱/۴۳ ^{a}	−۱۹/۸۸
Modena	۴۳/۳۳$^{b-f}$	۶۷/۹۳^{abc}	−۵۶/۷۷	۱/۴۲^{ijk}	۱/۲۹$^{e-i}$	۱۴/۹۱	۱/۹۴ ^{a}	۱/۷۷ ^{a}	−۱۰/۷۵
Nk bravour	۲۴/۵۳^{ijk}	۳۳/۵۰^{mn}	−۳۶/۵۵	۲/۱۴^{bcd}	۱/۹۰^{a}	۱۵/۲۱	۱/۷۷ ^{a}	۱/۷۶ ^{a}	−۱۱/۸۷
Nk fair	۳۶/۹۰^{fgh}	۳۵/۵۰^{lmn}	۳/۷۹	۱/۵۷$^{f-k}$	۱/۳۸$^{d-g}$	۱۷/۰۰	۱/۹۳ ^{a}	۱/۹۹ ^{a}	−۲۵/۰۰
Oase	۵۲/۵۰$^{a-d}$	۵۷/۰۰$^{d-h}$	−۸/۵۷	۲/۱۹^{abc}	۱/۲۵$^{e-j}$	۴۶/۳۹	۱/۷۴ ^{a}	۱/۹۹ ^{a}	−۴۰/۸۶
Okapi	۴۲/۸۰$^{c-f}$	۴۵/۸۳^{ijk}	−۷/۰۹	۱/۸۷$^{c-h}$	۱/۳۶$^{d-h}$	۳۱/۳۹	۱/۹۲ ^{a}	۱/۷۸ ^{a}	−۱۱/۷۲
Olphi	۴۸/۹۳$^{a-e}$	۷۰/۲۳^{ab}	−۴۳/۵۳	۲/۱۲$^{b-e}$	۱/۵۵^{cde}	۳۰/۵۷	۱/۷۷ ^{a}	۱/۷۵ ^{a}	−۱۵/۰۲
Olpop	۳۱/۰۳$^{g-j}$	۴۳/۶۰$^{i-m}$	−۴۰/۴۹	۱/۵۵$^{g-k}$	۱/۰۱$^{i-m}$	۳۹/۹۵	۱/۹۷ ^{a}	۲/۰۱ ^{a}	−۳۴/۴۸
Opera	۳۹/۵۳$^{e-h}$	۳۸/۸۰$^{j-n}$	۱/۸۵	۲/۴۳$^{a-b}$	۱/۶۵$^{a-d}$	۳۵/۴۴	۱/۸۹ ^{a}	۱/۷۶ ^{a}	−۷/۷۳
Rpc 2023	۳۵/۱۳$^{f-i}$	۶۶/۳۷$^{a-d}$	−۸۸/۹۰	۱/۹۱$^{c-g}$	۱/۲۹$^{e-i}$	۳۶/۴۹	۱/۹۳ ^{a}	۱/۹۸ ^{a}	−۲۶/۱۰
Slm 046	۳۰/۰۰^{hij}	۴۳/۵۷$^{i-m}$	−۴۵/۲۲	۱/۶۱$^{f-k}$	۱/۰۹$^{f-l}$	۳۷/۱۵	۱/۹۴ ^{a}	۱/۷۵ ^{a}	−۱۳/۸۰
Smart	۴۲/۲۳$^{d-g}$	۵۲/۰۷$^{f-i}$	−۲۳/۲۸	۱/۷۵$^{d-j}$	۱/۰۷$^{g-l}$	۴۳/۴۸	۱/۹۴ ^{a}	۱/۹۹ ^{a}	−۳۲/۷۷
Talaye	۴۸/۷۰$^{a-e}$	۵۸/۹۰$^{c-g}$	−۲۰/۹۴	۲/۵۱^{ab}	۱/۸۷^{ab}	۲۸/۷۴	۱/۷۷ ^{a}	۱/۷۶ ^{a}	−۱۲/۸۲
Rgs	۵۹/۱۰^{a}	۵۷/۵۷$^{d-h}$	۲/۵۹	۱/۹۳$^{c-g}$	۱/۳۸^{def}	۳۲/۳۷	۱/۹۱ ^{a}	۱/۹۷ ^{a}	−۲۵/۰۶
Hayola	۲۸/۵۰$^{h-k}$	۳۹/۱۷$^{j-n}$	−۳۷/۴۳	۲/۵۹^{a}	۱/۹۵^{a}	۲۷/۷۸	۱/۸۵ ^{a}	۱/۹۱ ^{a}	−۱۷/۴۲
Licord	۵۴/۴۰^{abc}	۵۱/۵۷^{ghi}	۵/۲۱	۱/۳۵^{jk}	۰/۷۱^{m}	۵۳/۳۲	۱/۹۷ ^{a}	۲/۱۰ ^{a}	−۶۴/۳۳
میانگین	۳۶/۶۰^{A}	۴۹/۲۰^{B}	−۳۴/۳۹	۱/۸۶^{A}	۱/۲۰^{B}	۳۵/۶۳	۱/۸۵^{A}	۲/۳۶^{A}	−۲۷/۷۹
LSD	۱۱/۶۰	۱۰/۳۰		۰/۴۲	۰/۳۱		۰/۴۵	۰/۹۵	
LSD اثر متقابل	۱۰/۸۵			۰/۳۶			۰/۷۳		

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

رطوبتی به ترتیب، ۱/۲ و ۲/۳۶ میلی‌گرم بود (جدول۶) که نشان‌دهنده کاهش میزان کلروفیل طی تنش خشکی و افزایش نسبت کلروفیل طی تنش می‌باشد. در شرایط بدون تنش رطوبتی حداکثر محتوی کلروفیل(a+b) مربوط به رقم Hayola و کمترین آن مربوط به رقم Lioness بود. همچنین در این شرایط حداکثر نسبت کلروفیل a/b مربوط به رقم Olpop و

Archive of SID

www.SID.ir

حداقل آن مربوط به رقم Lioness بود. از طرفی در شرایط تنش رطوبتی حداکثر محتوی کلروفیل(a+b) مربوط به رقم Hayola و حداکثر مقدار کلروفیل a/b مربوط به رقم Licord بود. (جدول ۶). در مورد تغییر محتوای کلروفیل در اثر تنش خشکی گزارش های متفاوتی وجود دارد. کاهش میزان کلروفیل نشان‌دهنده واکنش گیاه به تنش خشکی می باشد (Bayat *et al.*, 2009). نسبت کلروفیل a/b در گیاه نشان دهنده میزان فعالیت فتوسنتزی است و به‌هم خوردن این نسبت در گیاه باعث کاهش فعالیت نظام فتوسنتزی می شود (Kupke and Huntington, 1963). El-Tayeb (۲۰۰۶) نشان داد که کاهش نسبت کلرفیل a/b در ارقام حساس به خشکی سریع‌تر از ارقام مقاوم رخ می‌دهد. مشاهدات Jinang و Huany (۲۰۰۱) 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 (۲۰۱۲) نیز کاهش میزان کلروفیل و افزایش نسبت کلروفیل a/b طی تنش شدید خشکی بر روی فسکیوی بلند را گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری کلی:

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد تنش خشکی تاحد 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 معنی‌دار رقم و محیط، برای برخی از صفات بیانگر واکنش متفاوت ارقام در بروز صفات طی محیط های مختلف است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که طی تنش خشکی صفات فیزیولوژیک شامل میزان کلروفیل، محتوی نسبی آب کاهش یافتند، در حالی‌که 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 Esc 6152 با داشتن بیشترین میزان محتوی نسبی آب می تواند به‌عنوان یک رقم مقاوم معرفی گردد.

منابع:

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 وراثت پذیری برخی صفات کمی در لاین‌های دابل‌هاپلوئید گندم، علوم کشاورزی ایران ۲: ۳۵۶-۳۴۷.

دادیور، م. و خودشناس، م. (۱۳۸۵) ارزیابی اثرات تنش آبی در کلزا. مجله علمی، پژوهشی علوم کشاورزی ۱۲: ۸۵۳-۸۴۵.

زبرجد، ع.، معتمدی، ج. و زبرجدی، م. (۱۳۸۹) بررسی روند تغییرات برخی صفات مهم فیزیولوژیک کلزا درشرایط تنش خشکی. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

کرمی، ع.، قنادها، م. ر. و نقوی، م. ر. (۱۳۸۵) شناسایی ارقام جو متحمل به خشکی، علوم کشاورزی ایران ۳۷: ۳۷۱-۳۷۹.

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., E1-Maarouf, H., Vienney, N., Rona, J. P. and Bouteau, F. (2001) Effect of desiccation on potassium and anion currents from young root hairs:

Archive of SID

www.SID.ir

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) Resposes 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) Physiolohical consequences of cellular water deficits: Osmatic adjustment In: Limitations to efficient water use in crop production (eds. Taylor, H. M., Jordan, W. R. and Sinclaria, T. R.) Pp.267-279. ASA, CSSA, SSSA, Madison.

Richard, R. A. (1978) Variation between and within species of rapeseed (*Brassica compestris* 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 Sciense 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.

Sunyayar, 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 PeltonenSainio, P. (1998) Morphophysiological traits characterizing environmental adaptation of Avena barbata. Euphytica 99: 213-220.

Trribo, b. and renard, M. (1990) Effect of temperature and water stress on fatty acid composion of rapeseed oil (*Brassica napus* L.). Proceeding of the 10th inrernational 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 peroxi_dase activity. Acta Agronomica Hungarica 54: 25–37.

FAO. (2007) Food outlook. Global Market Analysis. http://www.fao.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) Potantial 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 chlorophyl, 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. lowa 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 Sciense 4: 580-585.

Major, D. J. (1997) Analysis of irrigation rape. Journal Plant Science 57: 193-197.

Nanjo, T., Yoshiba, Y., Sanada, Y., Wada, K. and Shinzaki, K. (1998) Rols of praline 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

Archive of SID

www.SID.ir