تجزیه ژنتیکی برخی صفات فیزیولوژیک در گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت شرایط تنش خشکی

پوراندخت گلکار[1*] و لیلا کشاورز[2]

[1]پژوهشکده زیست فناوری و مهندسی زیستی، دانشگاه صنعتی اصفهان و [2]دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۳۰)

چکیده:

تنش خشکی از عوامل عمده محدودکننده محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. لذا شناسائی ژنوتیپهای متحمل به تنش خشکی راهکار اصلاحی مطلوبی جهت مقابله با این معضل در بخش کشاورزی می‌باشد. به منظور برآورد کنترل ژنتیکی برخی ازصفات فیزیولوژیک در تنش خشکی، نتاج حاصل از تلاقی‌های دای آلل ۸ رقم گلرنگ زراعی در نسل F_2 به روش دو گریفینگ مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات اندازه‌گیری شده در این مطالعه شامل: شاخص کلروفیل، کلروفیلa، کلروفیل b، کاروتنوئید، سطح ویژه برگ، محتوای ازت برگ، محتوای نسبی آب و ارتفاع گیاهچه بود. ژنوتیپ های حاصل از تلاقی‌های دای آلل یکطرفه در نسل F_2 (۳۶ ژنوتیپ) بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. معنی‌دار بودن قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) برای تمام صفات در تجزیه واریانس ژنتیکی، مبین اهمیت توام اثرات افزایشی و غیر افزایشی ژنها در کنترل ژنتیکی صفات بود. قابلیت توارث خصوصی پائین و مقدار بیشتر واریانس غالبیت در صفات ارزیابی شده بیانگر اهمیت بیشتر اثرات غالبیت در کنترل ژنتیکی این صفات بود. لذا به منظور بهبود این صفات میتوان از روش‌های مبتنی بر تولید هیبرید بهره جست.

واژه‌های کلیدی: اثر افزایشی، غالبیت، قابلیت ترکیب‌پذیری، واریانس.

مقدمه:

کشورهای مصرف کننده و روند افزایش مصرف سرانه روغن نباتی از جمله عواملی هستند که اهمیت توسعه کشت دانه‌های روغنی و گسترش برنامه‌های پژوهشی را در این زمینه بدیهی می‌سازند (فروزان، ۱۳۷۸). گلرنک زراعی (*Carthamus tinctorius* L.) به عنوان گیاه بومی ایران (Knowles, 1969) است. به دلیل ویژگی‌های مطلوب و خاص نظیر استفاده‌های داروئی و غذائی، تولید کنجاله آن به عنوان مکمل غذائی مناسب و تحمل نسبتاً بالا به تنش-های غیر زنده (از جمله خشکی و شوری) از اهمیت خاصی برای تأمین دانه‌های روغنی مورد نیاز کشور برخوردار است (گلکار، ۱۳۸۸). روغن دانه گلرنگ یکی از مرغوب ترین روغن‌های گیاهی از نظر کیفیت محسوب می‌شود (فروزان، ۱۳۷۸). روغن‌های اولئیکی (اسید اولئیک

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

Archive of SID

www.SID.ir

بالا) در مصارف آشپزی به کار می‌روند و روغن‌های لینولئیکی (اسید لینولئیک بالا) برای مصارف صنعتی کاربرد دارند (فروزان، ۱۳۷۸).

خشکسالی و تنش حاصل از آن یکی از مهمترین و رایج ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را در کشور ما، خصوصاً منطقه مرکزی ایران، با محدودیت روبرو می‌سازد و حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی زیر کشت جهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (بلوم، ۱۳۹۱). استفاده از گونه‌های گیاهی مناسب و ارقام اصلاح شده‌ای که دارای عملکرد مطلوب و همچنین متحمل به شرایط تنش رطوبتی باشند، امکان استفاده بهتر از منابع آب موجود را میسر نموده و موجب توسعه سطح زیر کشت گیاهان و افزایش تولید می‌گردد. تنش خشکی با مختل نمودن فرآیندهای طبیعی گیاه از طریق تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) منجر به کاهش رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد می شود (Mittler, 2002). در شرایط تنش خشکی، صدمات مختلفی از جمله غیرفعال‌شدن آنزیم‌ها و بیرنگ‌شدن رنگیزه‌های گیاهی از جمله کلروفیل در اثر تنش اکسیداتیو به گیاه وارد می‌شود (Paleg and Aspinal, 1981). کاهش کلروفیل به عنوان عامل محدودکننده غیر روزنه‌ای در فتوسنتز محسوب می‌شود و در شرایط تنش خشکی شدید به دلیل افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز اتفاق می‌افتد (Mittler, 2002). برگ مهمترین اندام فتوسنتزکننده در گیاهان بوده و محتوای کلروفیل در آنها از فاکتورهای اصلی جهت حفظ ظرفیت فتوسنتزی می‌باشد (Condon *et al.*, 2002). اختلاف در حجم کلروفیل برگ می‌تواند به عنوان شاخص قدرت و توانائی گیاهان جهت فتوسنتز باشد (Jaleel *et al.*, 2009). اندازه‌گیری محتوای کلروفیل در شرایط تنش، معیار خوبی از میزان تحمل گیاه می‌باشد. تغییر میزان کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی با توجه به نوع گیاه، مرحله رشدی، طول دوره رشد و شدت تنش متفاوت است (بلوم، ۱۳۹۱). موحدی و همکاران (۱۳۸۳) اندازه‌گیری محتوای کلروفیل در گلرنگ را به عنوان شاخصی از میزان تحمل به تنش خشکی اندازه‌گیری کردند. Kholova و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه اثر تنش خشکی بر محتوای کلروفیل در ارقام مختلف ارزن، بیان کردند که محتوای کلروفیل برگ در تمام ارقام کاهش معنی‌داری نشان داد و نسبت کلروفیل a/b افزایش نشان داد. در شرایط تنش به دلیل کاهش تقسیمات سلولی، ارتفاع گیاه نیز کاهش پیدا می‌کند (بلوم، ۱۳۹۱). کاروتنوئید به عنوان یک آنتی اکسیدان غیر آنزیمی از طریق خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد، فرآیند اکسیداسیون را متوقف می‌کند و نقش مهمی در تعدیل اثرات سوء تنش در برگ‌ها دارد (Mittler, 2002). توسعه سطح برگ‌ها حساسیت زیادی به تنش آب دارد و کاهش توسعه سطح برگ‌ها یکی از نخستین علائم تنش آب می‌باشد (بلوم، ۱۳۹۱).

آگاهی از نحوه توارث صفات مرتبط با تحمل به تنش خشکی در طراحی روش‌های انتخاب به‌منظور ایجاد لاین‌های برتر و متحمل ضروری می‌باشد (Farshadfar *et al.*, 2011). تعیین روش اصلاحی مناسب نیازمند اطلاعات کافی در زمینه پارامترهای ژنتیکی کنترل‌کننده صفات، قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)، قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) و همچنین تعیین اثرات ژنی می‌باشد (Hallauer and Miranda, 1981). برآورد قابلیت ترکیب پذیری ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی تنش خشکی نقش به سزایی در انتخاب والدین متحمل جهت شروع پروژه‌های اصلاحی و همچنین تعیین روش اصلاحی مناسب برای تولید ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خواهد داشت. به‌منظور آگاهی از نحوه ژنتیک صفات، برآورد پارامترهای ژنتیکی و بهره‌برداری از اثرات افزایشی ژن‌ها طرح‌های تلاقی دای‌آلل بکار گرفته شده‌است (Mather and Jinks, 1982). اگر چه مطالعات ژنتیکی در خصوص نحوه تحمل به تنش خشکی در سایر گیاهان از جمله گندم (Sethi and Dhanda, 1998)، پنبه (Ahmad *et al*., 2009) و برنج (Abda Allah *et al*., 2009) صورت گرفته‌است، اما بررسی منابع نشان می‌دهد که در این خصوص تاکنون مطالعه جامعی در گلرنگ صورت نگرفته‌است. در مناطق خشک کشور، کاشت ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی

Archive of SID

www.SID.ir

گلرنگ، راهکار اقتصادی مطلوبی در جهت افزایش سطح زیر کشت گیاهان دانه روغنی می‌باشد. لذا این مطالعه به منظور برآورد قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی، خصوصی و شناسائی ارقام برتر از نظر قدرت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در شرایط تنش خشکی در گلرنگ صورت گرفت.

مواد و روش‌ها:

به‌منظور انجام این مطالعه از ۳۶ ژنوتیپ F_2 حاصل از تلاقی‌های دای‌آلل بین ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ استفاده شد. ژنوتیپ‌ها شامل C_{4110} و C_{111} (گزینش شده از توده اصفهان)، K_{21} (گزینش شده از توده کردستان)، A_2 (گزینش شده از توده آذربایجان)، IL.111 (گزینش شده از توده ارومیه)،ISF_{14} (گزینش شده از توده اصفهان) و دو ژنوتیپ خارجیGE_{62918} (از آلمان) و Mex.22-191 (از مکزیک) بودند. این مطالعه در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان در تابستان ۱۳۹۱ صورت گرفت. به‌منظور انجام آزمایش، ابتدا گلدان‌های با اندزه متوسط (۲۰×۱۵) (سانتیمتر) آماده و برای هر ژنوتیپ ۳ تکرار در نظر گرفته شد. و در هر گلدان موقع کاشت ۱/۵ گرم کود اوره و ۲/۵ گرم سوپرفسفات به صورت مکمل به خاک گلدان‌ها اضافه شد. و در هر گلدان هشت بذر از هر ژنوتیپ کاشته شد و گلدان‌ها تا حد ظرفیت زراعی مزرعه (FC=100%) آبیاری شدند. جهت سبز شدن و استقرار تا مرحله چهار برگی آبیاری گلدان‌ها هر روز صورت گرفت. اعمال تنش خشکی در مرحله چهار برگی و بر اساس آبیاری گلدان‌ها بر اساس ۵۰ (٪) از ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها صورت گرفت. مدت اجرای آزمایش سه هفته از زمان اعمال تیمار خشکی برای هر ژنوتیپ به طول انجامید که در پایان هفته سوم برای هر ژنوتیپ صفات مختلف اندازه گیری شدند.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک: اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ (SPAD) با دستگاه SPAD مدل 502-Minolta اندازه‌گیری شد، به این ترتیب که از هر تکرار در ژنوتیپ F_2 و در هر گلدان ۶ برگ به صورت تصادفی انتخاب شد و از هر برگ انتخابی در سه نقطه متفاوت از برگ اندازه‌گیری صورت گرفت. سپس با استفاده از رابطه زیر میزان ازت برگ محاسبه گردید (Argenta *et al.*, 2004):

$$N\ (\%) = ۰.۰۱۷۳۳۲ + ۰.۰۰۱۶۳۲۲ * SPAD$$

محتوای نسبی آب برگ (RWC) مطابق با رابطه زیر محاسبه گردید (بلوم، ۱۳۹۱)، بدین صورت که ابتدا وزن تر نمونه‌های برگی سالم با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد، سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ‌ها اندازه گیری شد. سپس برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند و وزن خشک نمونه ها اندازه‌گیری شد.

$$(\%)RWC = \frac{(\text{وزن خشک برگ–وزن برگ تازه})}{(\text{وزن خشک برگ–وزن برگ اشباع شده})} \times ۱۰۰$$

سنجش کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) صورت گرفت. در این روش ۰/۱ گرم از قسمت پهنک برگ به قطعات کوچکی خرد شد و در داخل هاون چینی به همراه ۱۰ میلی لیتر استون۸۰ درصد به طور کامل خرد شد. نمونه حاصل با استفاده از قیف بوخنر متصل به پمپ خلأ صاف گردید و مجدداً ۱۰ میلی لیتر استون برای حل‌شدن باقیمانده کلروفیل به برگها اضافه‌شد، به‌طوری که مواد باقیمانده در بالای صافی قیف بوخنر کاملاً سفید و فاقد کلروفیل شد. عصاره حاصل به مدت ۵ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه (rpm) سانتریفوژ شد. سپس محتوای لوله آزمایش با استون۸۰ درصد به حجم ۳۰ میلی‌لیتر رسانده‌شد و سپس میزان جذب نوری هر یک از عصاره‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-visible مدل Cary50 در طول موج‌های ۶۶۱/۶، ۶۴۴/۸ و ۴۷۰ نانومتر (A) قرائت شد. از استون۸۰ درصد به عنوان محلول شاهد استفاده‌شد. در نهایت غلظت کلروفیل و کاروتنوئید به ترتیب با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

C chl a =1.24×A661.6 – 2.04× A 644.8

C chl b =20.13×A644.8 – 4.19 × A 661.6

C Cx+c =(1000× A470 – 1.90 Cchla – 63.14 Cchlb)/214

در این معادلات C نشان دهنده غلظت و Chl-a، Chl-b و Cx+c به ترتیب کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها (شامل کاروتن و گزانتوفیل) برحسب میلی گرم بر گرم برگ می باشد.

اندازه‌گیری سطح ویژه برگ (SLA): سطح ویژه برگ یکی از شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد در گیاه است که برای اندازه‌گیری آن به شرح زیر اقدام شد:

نمونه‌های برگی از هر ژنوتیپ در هر تکرار، با شرایط حفظ رطوبت برگ به آزمایشگاه منتقل شد. سپس شکل برگ روی کاغذ A_4 (کاغذ معمولی) رسم شد، و سطح واقعی برگ محاسبه شد (A)، سپس برگ‌های مربوط به هر کرت آزمایشی در آون ۷۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند تا خشک شوند، سپس با ترازوی Shimadzu با حساسیت ۰/۰۰۰۱ ± گرم، نمونه ها وزن شد (W) و با استفاده از رابطه زیر، سطح ویژه برگ (بر حسب سانتیمتر مربع/ گرم) محاسبه شد (کوچکی و سرمد نیا، ۱۳۷۹)

SLA = A/W

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی نسل F_2 با استفاده از نرم افزار آماری SAS (۲۰۰۰) انجام شد. ارزیابی، کلیه خصوصیات مورد مطالعه درنسل F_2 به همراه والدها (تلاقی‌های یکطرفه) مطابق با روش دوم و مدل دوم Griffing (۱۹۵۶) توسط نرم‌افزار Diallel (Zhang *et al.*, 1997) و SAS (۲۰۰۰) صورت گرفت.

به منظور محاسبه واریانس افزایشی (σ^2_A) و واریانس غالبیت (σ^2_D) از روابط زیر استفاده شد (Wrike and Weber، ۱۹۸۶):

$$\sigma^2_{GCA} = \frac{1}{2}FV_A + \frac{1}{4}F^2V_{AA} + \ldots$$

$$\sigma^2_{SCA} = F^2V_D + \frac{1}{2}F^2V_{AA} + F^3V_{AD} + \ldots\ldots$$

ضریب خویش آمیزی(F) در تجزیه دای آلل F_1 برابر با یک و در تجزیه دای آلل با استفاده از نتاج F_2 برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شده است (فالکونر، ۱۹۸۹)، لذا مقدار پارامترهای واریانس افزایشی و واریانس غالبیت در نتاج F_2 از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$V_D = 4\delta^2_{SCA}. \qquad V_A = 4\delta^2_{GCA}.$$

به منظور محاسبه قابلیت توارث عمومی (H_b) و قابلیت توارث خصوصی (H_n) از روابط زیر استفاده شد که در آنها واریانس خطای طرح بلوک تقسیم بر تعداد تکرارشد و σ^2_e، σ^2_D و σ^2_A به ترتیب اجزاء متشکله واریانس محیطی، افزایشی و غالبیت می‌باشند (Mahmud and Keramer، ۱۹۵۱).

$$H_b = \frac{\sigma^2_A + \sigma^2_D}{\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_e} \qquad H_n = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_e}$$

همچنین در این مطالعه از شاخص عامل تشخیص ($PF = \frac{2\sigma^2_{GCA}}{2\sigma^2_{GCA} + \sigma^2_{SCA}}$) به عنوان معیاری در جهت مقایسه اهمیت نسبی میانگین مربعات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (σ^2_{GCA}) و مربعات قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی (σ^2_{SCA}) استفاده شد (Baker, 1978).

نتایج و بحث:

نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده بیانگر تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر همه صفات اندازه‌گیری شده بود، که این موضوع بیانگر وجود تنوع ژنتیکی کافی بین والدین تلاقی است (جدول ۱). مطابق با نتایج جدول ۱، قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و قابلیت ترکیب پذیری خصوصی (SCA) برای همه صفات معنی‌دار بود که بیانگر اهمیت توام اثرات افزایشی و غالبیت در کنترل ژنتیکی صفات مذکور بود.

برآورد اجزای ژنتیکی، مقایسه واریانس افزایشی (σ^2_A) با واریانس غالبیت (σ^2_D) و مقادیر فاکتور تشخیص (انحراف بالای فاکتور تشخیص از یک) در صفات ارزیابی شده بیانگر اهمیت نسبی اثرات غالبیت نسبت به اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی صفات مذکور در شرایط تنش

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده مرتبط با تحمل تنش خشکی در نسل F_2 حاصل از تلاقی‌های دای آلل در گلرنگ

		میانگین مربعات صفات مختلف							
منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	کاروتنوئید	کلروفیل a	کلروفیل b	محتوای نسبی آب	درصد ازت	سطح ویژه برگ	ارتفاع گیاهچه
تکرار	۲	۱۳/۵۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۹**	۶۷/۶۹**	۰/۰۰۰۴**	۶۴۴/۹	۰/۱۶
تلاقی ها	۳۵	۶۴/۲۵**	۰/۵۸**	۶/۲۰**	۵/۱۲**	۱۲۰/۱۳**	۰/۰۰۰۲**	۷۷۸۸/۵**	۱۲/۳۷**
GCA	۷	۱۱۹/۶**	۰/۹۶**	۱۲/۵۴**	۶/۸۲**	۱۲۰/۸**	۰/۰۰۰۲۸**	۲۰۳۱۳/۴**	۱۹/۴۹**
SCA	۲۸	۵۰/۴۲**	۰/۴۸**	۴/۶۱**	۴/۷**	۱۱۹/۹۷**	۰/۰۰۰۲**	۴۶۵۷/۲۶**	۱۰/۵۹**
خطا	۷۰	۱۹/۲۳	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۶	۱۱/۹۹	۰/۰۰۰۰۰۷	۷۶۰/۲۶	۲/۴۴

* و ** به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۲- برآورد اجزای ژنتیکی کنترل کننده صفات در گلرنگ با استفاده از روش۲ گریفینگ و مدل تصادفی

اجزای واریانس ژنتیکی	شاخص کلروفیل	کاروتنوئید (mg/ml)	کلروفیل a (mg/ml)	کلروفیل b (mg/ml)	محتوای نسبی آب	درصد ازت	سطح ویژه برگ (cm^2 / g)	ارتفاع گیاهچه (cm)
σ^2_A	۹/۲۲	۰/۰۶۴	۱/۰۵۷	۰/۲۸	۰/۱۱	۱×۱۰^{-۵}	۲۰۸۷	۱/۱۸
σ^2_D	۴۱/۵۸	۰/۶۳	۶/۱۲	۶/۲۶	۱۴۳/۹	$۲/۵\times۱۰^{-۴}$	۵۱۹۵	۱۰/۸۶
σ^2_{GCA}	۲/۳	۰/۰۱۵	۰/۲۶	۰/۰۷	۰/۰۳	۳×۱۰^{-۶}	۵۲۱/۸۷	۰/۳
σ^2_{SCA}	۱۰/۳۹	۰/۱۶	۱/۵۳	۱/۵۶	۳۵/۹	۶×۱۰^{-۵}	۱۲۹۸/۹۳	۲/۷۱
فاکتور تشخیص	۰/۳۱	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۸	۰/۴۵	۰/۱۸
وراثت پذیری عمومی	۰/۷۳	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۲	۰/۹۷	۰/۹۱	۰/۸۳
وراثت پذیری خصوصی	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۰۰۰۷	۰/۰۴	۰/۲۶	۰/۰۸

خشکی می‌باشد(جدول ۲). Abda allah و همکاران (۲۰۰۹) با تجزیه ژنتیکی، هتروزیس معنی‌داری برای محتوای کلروفیل و مقدار ازت برگ در برنج، گزارش کردند که بیانگر نقش بارز غالبیت در توارث این دو صفت بود و با نتایج این مطالعه مشابهت دارد. فرشادفر و همکاران (۱۳۹۰) اثرات ژنی فوق غالبیت را برای کنترل ژنتیکی شاخص کلروفیل در کلزا گزارش کردند که بیانگر اهمیت بیشتر اثرات غالبیت نسبت به اثرات افزایشی بود. Ahmad و همکاران (۲۰۰۹) مدل ژنتیکی غالبیت و اپیستازی غالبیت را برای کنترل ژنتیکی محتوای نسبی آب برگ در پنبه در شرایط تنش خشکی گزارش کردند و بیان نمودند که انتخاب در نسل‌های اولیه به منظور بهبود این صفت چندان مطلوب نیست و بازدهی ناشی از انتخاب در نسلهای پیشرفته موثر می‌باشد. فرشادفر و همکاران (۱۳۹۰) مدل ساده افزایشی- غالبیت را برای کنترل ژنتیکی محتوای نسبی آب برگ در کلزا گزارش کردند.

میزان وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی با استفاده از روابط ذکر شده، محاسبه گردید. میزان وراثت پذیری عمومی بیشتر از ۷۰ درصد برای صفات نشان‌دهنده تأثیر پذیری کم محیط بر روی این صفات می باشد. بیشترین (۰/۲۶) و کمترین (۰/۰۰۰۷) مقدار وراثت پذیری خصوصی به ترتیب متعلق به سطح ویژه برگ و محتوای

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- برآورد اثرات GCA و میانگین والدین مربوط به نسل ارزیابی F_2 حاصل از تلاقی‌های دای‌آلل در گلرنگ

		صفات اندازه گیری شده							
والدها	صفات	شاخص کلروفیل (mg/ml)	کلروفیل a (mg/ml)	کلروفیل b (mg/ml)	کاروتنوئید (mg/ml)	ازت برگ (درصد)	محتوای نسبی آب (درصد)	سطح ویژه برگ (cm^2/g)	ارتفاع گیاهچه (cm)
GE_{62918}	GCA	۱/۱۶	۰/۹۵**	۰/۱**	۰/۰۴**	۰/۰۰۱	۲/۷۳**	۱۸/۰۹*	۱/۴۷**
	میانگین	۵۸/۱۵	۱۱/۸۸	۶/۰۶	۱/۸۴	۰/۱۱	۶۵/۳۲	۲۵۹	۵۰/۱۱
C_{111}	GCA	-۰/۳۵	۰/۰۸**	۰/۴۹**	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲*	-۰/۵	-۰/۰۲	۰/۸*
	میانگین	۵۷/۲۴	۱۱/۱۱	۶/۴۸	۱/۸۷	۰/۱۰۹	۶۲/۶۵	۲۳۷/۱۴	۱۰/۴۶
C_{4110}	GCA	-۱/۴۳	-۰/۰۷**	۰/۰۱۹	-۰/۲۹**	۰/۰۰۳۴**	-۳/۳۹**	-۲۰/۹۹**	-۳۶/۰
	میانگین	۵۴/۹۸	۱۰/۷۲	۵/۷۵	۱/۴۸	۰/۱۰۶	۵۹/۱۲	۲۱۶/۵۴	۹/۴۳
ISF_{14}	GCA	-۱/۰۷	-۰/۱۵**	-۰/۰۴*	۰/۱۴**	۰/۰۰۲۴*	-۰/۳۳	-۲۷/۶۲**	-۰/۰۹
	میانگین	۵۶/۵۳	۱۰/۸۱	۵/۷۹	۱/۹۱	۰/۱۰۹	۶۱/۴۵	۲۰۹/۵	۹/۶۵
A_2	GCA	-۱/۵**	-۰/۰۴**	-۰/۲۷**	۰/۰۲**	۰/۰۰۱	۰/۸۵*	۱۰/۲۷*	-۰/۵۷
	میانگین	۵۶/۳۰	۱۱/۱۸	۵/۷۴	۱/۸۷	۰/۱۱۱	۶۳/۰۸	۲۵۳/۹۹	۹/۱۸
K_{21}	GCA	-۰/۲۲	-۰/۶۲**	-۰/۳۴**	۰/۲۶**	۰/۰۰۱	۰/۴۴	-۳۰/۷۲**	۰/۱۹
	میانگین	۵۶/۳۱	۱۰/۳۸	۵/۴۷	۲/۰۶	۰/۰۱۰۸	۶۳/۴۳	۲۱۱/۳۲	۹/۸۱
IL/111	GCA	-۱	-۰/۹۵**	-۰/۲۳**	-۰/۲۱**	۰/۰۰۲۹**	-۰/۹۴	۵/۳۸	-۰/۴۱
	میانگین	۵۶/۰۴	۹/۹	۵/۶۳	۱/۶۱	۰/۱۱۳	۶۰/۹	۲۵۱/۸۶	۹/۰۳
Mex/22-191	GCA	۴/۴۵**	۰/۸۱**	۰/۲۶**	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶**	۰/۱۴	۴۵/۸۱**	-۱/۰۲**
	میانگین	۶۱/۴۲	۱۱/۷۲	۶/۱۹	۱/۸۳	۰/۱۱۶	۶۱/۶۲	۲۸۴/۱	۸/۸۱
همبستگی(¥)		۰/۹۶**	۰/۹۸**	۰/۹۶**	۰/۹۸**	۰/۶۳*	۰/۹۲**	۰/۹۹**	۰/۹۸**

¥: همبستگی بین مقادیر GCA و میانگین والدین برای صفات مختلف می‌باشد.

نسبی آب برگ می‌باشد (جدول ۲). مقادیر پائین وراثت پذیری خصوصی به نوعی حاکی از نقش معنی‌دار اثرات غیر- افزایشی در کنترل ژنتیکی صفات می باشد. Farshadfar و همکاران (۲۰۱۱) وراثت پذیری خصوصی ۲۹ درصدی را برای محتوای نسبی آب برگ در گندم نان گزارش‌کردند که بیانگر اهمیت بیشتر اثرات غالبیت نسبت به اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی RWC بود. Golkar (۲۰۱۱) کنترل ژنتیکی ارتفاع گیاهچه گلرنگ را در تنش شوری از نوع افزایشی-غالبیت گزارش کرد و میزان وراثت پذیری خصوصی را ۵۰ درصد بیان کرد. اطلاعاتی در خصوص نحوه کنترل ژنتیکی صفات فیزیولوژیک در گلرنگ در شرایط تنش های غیر زنده گزارش نشده است.

برآورد اثرات قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و میانگین والدین: اثرات ترکیب پذیری عمومی (GCA) و میانگین والدین در جدول ۳ آورده شده‌است. برآورد ترکیب‌پذیری عمومی صفات نقش به‌سزایی در انتخاب والدین جهت شروع پروژه‌های اصلاحی و همچنین تعیین روش اصلاحی مناسب برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی خواهدداشت. برای محتوای کلروفیل بالاترین مقدار GCA (۴/۴۵) خواهد داشت. متعلق به ژنوتیپ Mex.22-191 و کمترین آن (۱/۵۲-) متعلق به ژنوتیپ A_2 بود(جدول ۳). اثرات ترکیب پذیری عمومی برای کلروفیل a، در محدوده ۰/۹۵ (GE_{62918}) تا ۰/۹۵- (IL.111) قرار داشت. لذا مطابق با نتایج جدول ۳، والدGE_{62918} دارای ژن‌های مطلوبی از

Archive of SID

www.SID.ir

نظر افزایش مقدار کلروفیل a می‌باشد. اثرات GCA برای کلروفیل b از محدوده ۰/۳۴- (K_{21}) تا ۰/۴۹ (C_{111}) تنوع داشت (جدول ۳). بالاترین GCA برای محتوای کاروتنوئید (۰/۲۶) متعلق به والد K_{21} می‌باشد، با توجه به اینکه این ژنوتیپ بومی منطقه کردستان است، لذا استفاده از این ژنوتیپ با داشتن ژن‌های افزاینده میزان کاروتنوئید (به عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی) در برنامه‌های هیبریداسیون و اصلاح برای تحمل به خشکی مطلوب می باشد. بیشترین مقدار GCA برای ازت برگی (درصد) متعلق به ژنوتیپ Mex-22.191 بود، لذا با توجه به همبستگی مثبتی که بین مقدار ازت و میزان سنتز کلروفیل وجود دارد (Araus *et al.*, 1998)، این ژنوتیپ با قابلیت ترکیب‌پذیری بالائی که نسبت به سایر ژنوتیپ‌های والدی دارد، می‌تواند در صورت تلاقی با سایر ارقام، بهبود ژنتیکی در میزان سنتز کلروفیل در شرایط خشکی ایجاد کند. اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ به عنوان معیار مهمی در مطالعات تنش خشکی محسوب می‌شود (بلوم، ۱۳۹۱). در اثر تنش خشکی مقدار RWC به دلیل بسته‌شدن روزنه‌ها کاهش پیدا می‌کند و با افزایش شدت تنش، RWC کاهش بیشتری نشان می‌دهد (Sethi and Dhanda, 1998). لذا، در شرایط خشکی، ژنوتیپ هائی که قابلیت ترکیب‌پذیری بالائی برای RWC داشته باشند می‌توانند به عنوان ارقام برتر در برنامه‌های تلاقی جهت انتقال ژن‌های متحمل به خشکی مورد استفاده قرارگیرند. بنابراین توانائی نگهداری محتوای نسبی آب برگ بالا درشرایط تنش بعنوان یک قلمروی انتخابی برای تحمل به تنش خشکی محسوب می شود. در این مطالعه والد GE_{62918} بالاترین مقدار GCA (۲/۷۳) را از نظر محتوای نسبی آب داشت. مقادیر GCA سطح ویژه برگ در محدوده ۴۵/۸۱ (Mex.22-191) تا ۳۰/۷۲- (K_{21}) تنوع داشت (جدول ۳). در میان سازش‌های گیاهی مرتبط با تنش خشکی، تغییرات سطح برگ اهمیت ویژه‌ای دارد. پالگ و آسپیتال (۱۹۸۱) معتقدند که یکی از جنبه‌های تطابقی گیاهان تحت شرایط خشکی سطح کمتر برگ است. لذا با توجه به اینکه توانائی گیاهان در جلوگیری از کاهش سطح ویژه برگ می‌تواند معیاری از مقاومت به خشکی باشد، انتخاب ژنوتیپ Mex.22-191 جهت برنامه‌های هیبریداسیون به منظور بهبود این صفت فیزیولوژیک پیشنهاد می‌شود. اثرات ترکیب‌پذیری عمومی برای صفت ارتفاع گیاهچه در محدوده ۱/۴۷ (GE_{62918}) تا ۱/۰۲- (Mex.22-191) قرار داشت. لذا مطابق با نتایج جدول ۳، والد GE_{62918}، با قابلیت ترکیب پذیری مثبت، می‌تواند مانع کاهش ارتفاع گیاه در شرایط خشکی شود.

مقایسه میانگین‌های والدی نشان داد که بالاترین میانگین برای صفات محتوای نسبی آب، کلروفیل a و ارتفاع گیاهچه متعلق به ژنوتیپ GE_{62918} بود. لذا با توجه به اینکه در شرایط تنش ژنوتیپ GE_{62918} بیشترین مقدار محتوای آب نسبی را در بین ژنوتیپ‌های والدی داشته است، می‌توان از این ژنوتیپ در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود. همچنین بیشترین ارتفاع گیاهچه نیز، متعلق به همین ژنوتیپ بود. موحدی و همکاران (۱۳۸۳) همبستگی مثبتِ و معنی‌دار بین میزان کلروفیل و عدد کلروفیل متر مشاهده نمودند و افزایش SPAD را ناشی از افزایش میزان کلروفیل در واحد سطح برگ عنوان کردند. بالاترین مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی برای محتوای کلروفیل، کلروفیل b و کاروتنوئید به ترتیب متعلق به والد Mex.22-191، C_{111} و K_{21} بود (جدول ۳).

Jaleel و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که با افزایش تنش خشکی وزن خشک برگ به طور معنی‌داری کاهش یافت و از دلایل اصلی این کاهش، کم شدن سطح برگ در شرایط تنش بود.

ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقادیر اثرات GCA و میانگین هر والد برای تمام خصوصیات در نسل F_2 مشاهده شد. با استفاده از مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی متعلق به هر والد در تمام صفات بررسی شده می‌توان به میزان توانائی ترکیب‌پذیری آن والد پی برد (گلکار، ۱۳۸۸).

قابلیت ترکیب پذیری خصوصی(SCA) صفات: مقادیر قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی صفات اندازه‌گیری

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی در نسل F_2 حاصل از تلاقی‌های دای‌آلل در گلرنگ.

تلاقی ها	شاخص کلروفیل (mg/ml)	کلروفیل a (mg/ml)	کلروفیل b (mg/ml)	کاروتنوئید (mg/ml)	ازت برگ (درصد)	محتوای نسبی آب (درصد)	سطح ویژه برگ (cm^2/g)	ارتفاع گیاهچه (cm)
$GE_{62918}\times C_{111}$	-۰/۴۷	۰/۰۷	-۱/۰۸	۰/۳۵	۰/۰۰۰۱	-۶/۷	۱۷/۷۷	۱/۰۳
$GE_{62918}\times C_{4110}$	۲/۸	۱/۵۳	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۰۰۵۵	۱/۸۵	۱۶/۵۵	۱/۰۳
$GE_{62918}\times ISF_{14}$	۵/۳۱	-۰/۲۸	۰/۸۸	-۰/۱۴	۰/۰۰۹۲	-۳/۲	۳/۰۳	-۰/۸۶
$GE_{62918}\times A_2$	-۱/۳	۰/۱۷	-۰/۳۸	۰/۰۴	۰/۰۰۳	-۱/۳۳	-۵۳/۲۷	۰/۸۱
$GE_{62918}\times K_{21}$	-۳/۱۷	۰/۴۵	-۰/۴۴	-۰/۳۸	۰/۰۰۴۷	۹/۶۷	-۳۵/۲۵	۰/۶۷
$GE_{62918}\times$. IL.111	–۴/۰۲	-۰/۵۵	۱/۹۳	-۰/۰۷	۰/۰۱۱	۴	۴۱/۷۹	-۱/۰۸
$GE_{62918}\times$۲۲–۱۹۱	۰/۲۵	-۲/۳۳	۱/۵	-۰/۲۸	۰/۰۰۱۳	۲/۹۱	-۲/۱۱	۰/۶۲
$C_{111}\times C_{4110}$	-۱/۵	-۰/۸۱	۰/۳۴	۰/۰۵	۰/۰۰۰۶۳	۰/۴۹	۲/۰۹	۰/۱۴
$C_{111}\times ISF_{14}$	۴/۵۳	-۰/۵۶	۰/۲۳	-۰/۵۰	۰/۰۰۹	۱/۰۲	۲۲/۵۷	۲/۰۴
$C_{111}\times A_2$	۷/۶۴	۲/۲۲	۲/۷۳	۰/۳۸	۰/۰۱۱	۱۱/۳۳	۸۱/۵	۰/۷۵
$C_{111}\times K_{21}$	-۰/۹۱	۱/۵۹	۱/۶۶	۰/۸۴	۰/۰۰۰۳	۱۲/۳	-۳۴/۴۱	-۳/۷۱
$C_{111}\times$IL. 111	-۲/۰۲	۰/۳۵	۰/۷۸	۰/۰۹	۰/۰۰۷۳	۲/۹	-۴۳/۲۰	-۱/۱۴
$C_{111}\times$ ۲۲–۱۹۱	۱/۹۴	-۲/۰۴	–۱/۴۷	-۰/۴۱	۰/۰۰۴	-۵/۱۱	-۸۸/۶۳	-۰/۶۰
$C_{4110}\times ISF_{14}$	-۲/۵۴	-۰/۱۲	۰/۵۰	-۰/۰۷	۰/۰۰۳	۸/۷۸	-۵۳/۹۵	-۱/۲۵
$C_{4110}\times A_2$	-۳/۴۶	-۰/۱۹	-۰/۸۶	-۰/۲۵	۰/۰۰۹	۰/۲۹	-۴۱/۶۲	-۰/۸۱
$C_{4110}\times K_{21}$	-۱/۴۶	-۰/۶	-۰/۴۶	-۰/۱۱	۰/۰۰۱۲	-۲/۱۹	-۵/۱۷	۲/۸۴
$C_{4110}\times$IL.111	-۱/۴۸	–۲/۲۱	-۰/۱۳	-۰/۱۳	۰/۰۰۶	۳/۴۹	۲۶/۴۸	-۲/۳
$C_{4110}\times$۲۲–۱۹۱	-۲/۰۴	-۰/۵۶	-۰/۴۷	-۰/۳۴	۰/۰۰۱	-۶/۶۹	۳/۲۲	۱/۱۳
$ISF_{14}\times A_2$	-۲/۷۹	-۰/۲۶	-۰/۳	۰/۰۸	۰/۰۰۶	-۸/۶۶	-۹/۲۱	-۱/۰۴
$ISF_{14}\times K_{21}$	۰/۶۳	-۰/۴	-۰/۴۵	-۰/۰۴	۰/۰۰۱	-۰/۵۹	۲۵/۱۰	۲/۱۱
$ISF_{14}\times$IL.111	۵/۵۹	۰/۷۸	-۰/۱۷	۰/۳۵	۰/۰۰۴۳	-۷/۱۰	-۰/۱۰	-۰/۴۴
$ISF_{14}\times$۲۲–۱۹۱	-۱/۳۷	۰/۵۶	۰/۱۷	-۰/۳۲	۰/۰۰۳	۰/۰۴	-۴۶/۴۹	–۰/۶۳
$A_2\times K_{21}$	۳/۰۱	-۰/۱۴	-۰/۲۹	-۰/۵۶	۰/۰۲	-۶/۷۸	۳۰/۲۴	-۲/۶۳
$A_2\times$IL.111	۱/۷۹	۰/۷۱	-۰/۳	۰/۲۲	۰/۰۰۹	-۷/۳۲	-۵/۵	-۱/۳۸
$A_2\times$۲۲–۱۹۱	۷/۸۸	۱/۴۶	۳/۰۵	۰/۶۴	۰/۰۰۹	-۲/۱۴	۴۴/۳۲	۴/۵۱
$K_{21}\times$IL.111	۰/۹۹	-۱/۶۵	۰/۱۲	–۰/۶	۰/۰۰۲۹	۱/۸۸	۳۰/۶۶	۰/۸۳
$K_{21}\times$۲۲–۱۹۱	-۶/۹۹	۱/۱۴	۰/۴۳	۰/۶۲	۰/۰۱	-۰/۸۷	۸/۶۴	-۲/۲۲
IL.111×۲۲–۱۹۱	-۰/۵۴	۰/۵۲	-۰/۹۴	۰/۴۷	۰/۰۰۵	-۲/۶۸	۴۰/۵۴	-۱/۴۵
SE (S_{ij})	۲/۲۹	۰/۰۷۴	۰/۰۴	۰/۰۱۶	۰/۰۰۴	۱/۸۱	۱۴/۴۳	۰/۸۱

شده در جدول۴ آورده شده‌است. تلاقی Mex.22-191× A_2برای صفت محتوای کلروفیل با برخورداری از بیشترین قابلیت ترکیب پذیری خصوصی به عنوان تلاقی برتر شناخته شد (جدول ۴). برترین قابلیت ترکیب پذیری خصوصی برای مقادیر کلروفیل a و کلروفیل b، به ترتیب متعلق به تلاقی‌های $C_{111}\times A_2$ و $A_2\times$Mex.22-191 بود. بالاترین مقدار قابلیت ترکیب پذیری خصوصی برای مقدار کاروتنوئید متعلق به تلاقی $C_{111}\times K_{21}$ بود(جدول ۴). برترین SCA برای محتوای نسبی آب برگ متعلق به تلاقی $C_{111}\times A_2$ بود(جدول ۴). بنابراین استفاده از این تلاقی‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

میتواند راهکار اصلاحی مطلوبی در برنامه های اصلاحی جهت تولید هیبرید باشد.

قابلیت ترکیب پذیری خصوصی برای سطح ویژه برگ در دامنه ۸۸/۶۳- (C_{111}× Mex.22-191) تا ۸۱/۵ (A_2×C_{111}) قرار داشت (جدول ۴). با توجه به اهداف اصلاحی می‌توان از هر کدام از این تلاقی‌ها (جهت افزایش یا کاهش صفت مورد نظر)، که باتوجه به کاربرد اصلاح گیاه در جهت کاشت در شرایط معمولی یا شرایط تنش دارد، استفاده نمود. بالاترین SCA برای ارتفاع گیاهچه متعلق به تلاقی A_2× Mex.22-191 بود.

بررسی نحوه توارث، نوع عمل ژنها و قابلیت ترکیب-پذیری والدین، اطلاعات موثری در جهت تعیین راهکار موثر اصلاحی برای بهبود صفات فیزیولوژیک گلرنگ در شرایط تنش خشکی فراهم نمود. انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار به تنش خشکی در گلرنگ راهکار اصلاحی خوبی برای استفاده از ژنوتیپ‌های متحمل از جمله Mex.22-191، GE_{62918} و K_{21} جهت تولید ارقام هیبرید جدید درگلرنگ و توسعه کشت این گیاه دانه روغنی در مناطق با محدودیت آب می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه اجزای ژنتیکی بیانگر اهمیت انتخاب روش‌های مبتنی بر هیبریداسیون، به منظور بهره گیری از اثرات غالبیت، در جهت بهبود تحمل به تنش خشکی می‌باشد. لذا انتخاب در نسل‌های اولیه به منظور بهبود این صفت چندان مطلوب نیست و انتخاب در نسل‌های پیشرفته موثر می باشد.

منابع:

بلوم، ا. (۱۳۹۱) اصلاح گیاهان زراعی برای تحمل تنش خشکی، ترجمه گلکار، پ. و امیری‌پور م. انتشارات کنکاش، اصفهان، ۴۲۱.

فرشادفر، ع.، کارونی، م.، پورداد س.، زارعی ل.، جمشید مقدم، م. (۱۳۹۰). تجزیه ژنتیکی تعدادی از صفات فیزیولوژیک، فنولوژیک و مورفولوژیک ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از روش دای آلل. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۲: ۶۴۷-۶۲۷.

فروزان، ک.،(۱۳۷۸) گلرنگ. انتشارات شرکت دانه‌های روغنی.

گاردنر، ف.پ.، پی یرس، آر. ب.، میشل، ر.ا.(۱۳۷۹) فیزیولوژی گیاهان زراعی.ترجمه. کوچکی، ع. و غ. سرمدنیا. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ ص.

گلکار، پ. (۱۳۸۸) تجزیه ژنتیکی کمیت و کیفیت روغن، عملکرد و اجزای آن با استفاده از تلاقی‌های دای‌آلل در گلرنگ. پایان نامه دکترای اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

موحدی دهنوی، م.، مدرس ثانوی، ع.، سروش‌زاده، ع.، و جلالی م. (۱۳۸۳). تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل، کلروفیل (SPAD) و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پائیزه تحت تنش خشکی و محلول پاشی روی و منگنز. مجله بیابان ۹: ۹۳-۱۰۹.

Abd Allah, A., Mohamed A. A. A. and Gab Allah M. M. (2009) Genetic studies of some physiological and shoot characters in relation to drought tolerance in rice. Journal of Agriculture Research Kafrelsheikh University 35: 964-994.

Ahmad R. T., Malik T. A., Ahmad Khan I., Jaskani M. J. (2009) Genetic analysis of some Morpho-Physiological traits related to drought stress in cotton (*Gossypium hirsutum*). International Journal of Agriculture and Biology 11: 235-240.

Araus S. J., Amaro, T. and Sanchez, M. (1998). Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Journal of Fields Crop Research 55: 209-223.

Argenta, G., Silva P. R. F. and Sangoi, L. (2004). Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. Journal of Ciencia Rural 34: 1379-1387.

Baker, C. M. (1978). Issues in diallel analysis. Crop Science 18:533-536.

Condon, A. G., Richards, R. A., Rebetzke, G. J. and Farouhar G. D. (2002) Improving intrinsic water use efficiency and crop yield. Crop Science Society of America 42: 122-131.

Dhanda S. S. and Sethi G. S. (1998) Inheritance of excised – leaf water loss and relative water content in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica 104: 39-47.

Falconer, D. S. (1989) Introduction to Quantitative Genetics. Longman Group Ltd. London.

Archive of SID

www.SID.ir

Knowles, P. F. (1969) Centers of plant diversity and conservation of crop germplasm. Safflower. Economic Botany 23:324-329.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophyll and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 331- 382.

Mahmud I. and Keramer H. H. (1951) Segregation for yield height and maturity following a soybean cross. Agronomy Journal 43:605-609.

Mather, K. and Jinks J. L. (1982) Biometrical genetics. Chapman and Hall:London.

Mittler, R. (2002) Oxidative stress, antioxidant and stress tolerance. Trends in Plant Science 9: 405- 410.

Paleg, I. G. and Aspinal, D. (1981) The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press. PP 492.

SAS Institute. SAS/ STAT software (2000) Changes and enhancements, through release 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Wrike, G., Weber, W. E. (1986) Quantitative genetics and selection in plant breeding, WDEG Press, 406P.

Zhang, Y. and Kang M. S. (1997) DIALLEL-SAS: A SAS program for griffing's diallel analyses. Agronomy Journal 89:176-182.

Farshadfar E., Allahgholipour M., Zarei L., Kiani M. (2011) Genetic analysis of field and physiological indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using diallel mating design. African Journal of Biotechnology 10: 13071-13081.

Golkar P. (2011) Inheritance of salt tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Advances in Environmental Biology 5: 3694-3699.

Griffing, B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Journal of Biological Sciences, 9:463-493.

Hallauer, A. R. and Miranda J. B. (1981) Quantitative genetics in maize breeding, Iowa State University Press, Ames, IA.

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farrooq, M. and Dmjm H. (2009) Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. Journal of Agriculture and Biology11: 100-105.

Kholova, J., Hasan C. T. M., Khocova M. and Vadie, V. (2011) Doesa terminal drought tolerance QTL contribute to differences in ROS scavenging enzymes and photosynthetic pigments in pear millet exposed to drought. Journal of Environmental and Experimental Botany 71:99-106.

Archive of SID

www.SID.ir