نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دهم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۹

ارزیابی صفات زراعی و تحمل به خشکی در لاین‌های حاصل از سه تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ

سهیلا اسپنانی[۱]، محمدمهدی مجیدی[۲*]، قدرت‌اله سعیدی[۲]، حسین علایی[۳] و وحید رضایی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۴)

چکیده

تنوع ژنتیکی در گونه اهلی گلرنگ برای تحمل به خشکی و صفات زراعی به‌دلیل فرسایش ژنتیکی محدود است. استفاده از گونه‌های وحشی به‌عنوان منابع ارزشمند برای بهبود تحمل به تنش‌های غیرزیستی همواره مورد توجه بوده است. در این مطالعه گونه اهلی (*Carthamus tinctorius*) با دو گونه وحشی (گونه‌های *C. oxyacanthus* و *C. palaestinus*) تلاقی داده شد (سه تلاقی دو بدو) و ژنوتیپ‌های حاصل تا نسل پنجم خالص‌سازی شدند. سپس مجموع ۱۵۹ ژنوتیپ گلرنگ حاصل از سه تلاقی بین‌گونه‌ای طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵ از نظر صفات زراعی و تحمل به خشکی در مزرعه دانشگاه صنعتی اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که برای اکثر صفات زراعی و عملکردی تنوع قابل ملاحظه‌ای بین گونه‌های والدی و نیز بین و درون لاین‌های هر سه تلاقی وجود داشت. گونه‌های *C. tinctorius* و *C. palaestinus* بیشترین مقدار عملکرد دانه را در هر دو محیط نرمال و تنش خشکی نشان دادند. در شرایط آبیاری نرمال تلاقی لاین‌های گونه اهلی با *C. palaestinus* بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد و از نظر سایر صفات زراعی مانند قطر غوزه، تعداد دانه در غوزه و عملکرد روغن نیز این جمعیت نسبت به دو جمعیت دیگر برتری داشت. در شرایط خشکی هر سه جمعیت پتانسیل خوبی برای تحمل به خشکی نشان دادند که از به ارث رسیدن مقاومت از دو والد وحشی ناشی می‌شود. تفکیک یافته‌های متجاوز برتر از نظر تحمل به تنش خشکی در هر سه جمعیت شناسایی شدند. درنهایت نتایج نشان داد که می‌توان از نتایج این جمعیت‌ها برای اصلاح و افزایش عملکرد دانه و روغن برای ترویج این گیاه در مناطق خشک بهره برد.

واژه‌های کلیدی: تلاقی‌های بین‌گونه‌ای، تنش خشکی، عملکرد دانه، گلرنگ

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشجوی دکتری، استادان و فارغ التحصیلان کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: majidi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

با وجود تولید سالانه صد هزار تن روغن خام در کشور که تنها معادل ۶ درصد نیاز کشور به روغن خوراکی است، بخش عمده‌ای از روغن مصرفی از منابع خارجی تأمین می‌شود (۶). از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط کشور، گلرنگ از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. ویژگی‌های مطلوب خاص این گیاه نظیر قدرت سازگاری بالا، تاب‌آوری به سرما، پایین بودن نیاز آبی و مقاومت نسبی به خشکی به‌دلیل داشتن ریشه عمیق، تحمل نسبی به شوری، کیفیت بالای روغن دانه و موارد مصرف متعدد از جمله استفاده‌های طبی، صنعتی و غذایی از گلبرگ‌های آن، موجب شده که این گونه گیاهی به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی با ارزش مطرح باشد (۱۶). امروزه هدف اصلی تولید گلرنگ استخراج روغن از دانه آن است (۱۱). روغن گلرنگ به‌طور میانگین حاوی ۷۰ تا ۸۰ درصد اسید لینولئیک، ۱۲ تا ۲۵ درصد اسید اولئیک، ۵ تا ۱۰ درصد از انواع اسیدهای چرب دیگر است. روغن این گیاه در مقایسه با روغن کلزا و سویا پایداری بالاتری را طی فرایند هیدروژنه شدن از خود نشان می‌دهد و لذا امروزه در آمریکا از آن برای تولید مارگارین استفاده می‌شود (۱۰ و ۲۴). از روغن گلرنگ برای تهیه رزین‌های آلکیدی، مواد جلا دهنده، تهیه صابون، مواد آرایشی و در صنایع رنگ‌سازی نیز استفاده می‌شود (۲۸). سازگاری زیاد این گیاه به تنش‌های محیطی از جمله مقاومت به خشکی باعث شده که امروزه این گیاه به‌عنوان یک گیاه زراعی در تناوب دیمزارهای مناطق کوهستانی کشور و نیز جایگزینی با برخی گیاهان با مصرف آب بالا دارای اهمیت باشد.

وجود تنوع ژنتیکی اساس هر برنامه اصلاحی است، به‌طوری که موفقیت یک برنامه اصلاحی به نوع و یا مقدار و تنوع موجود در مواد ژنتیکی بستگی دارد. وجود حداکثر تنوع، بزرگ‌ترین شانس برای رسیدن به موفقیت در گزینش محسوب می‌شود (۲۲). مجیدی و همکاران (۱۳) با بررسی و مقایسه توده‌های گلرنگ زراعی (*C. tinctorius*) با توده‌های گونه وحشی (*C. oxyacanthus*) نشان دادند که گونه‌های وحشی گلرنگ دارای پایداری عمومی بیشتری تحت شرایط تنش خشکی هستند. از جمله روش‌های به‌نژادی در گلرنگ، انجام هیبریداسیون بین گونه‌ای و سپس انتخاب در بین نتایج در حال تفرق آن است. هیبریداسیون گلرنگ با ارقام خویشاوند وحشی احتمالاً نقش قابل توجهی در تکامل گونه‌های زراعی ایفا کرده و می‌تواند به‌منظور افزایش تنوع ژنتیکی، انتقال سازگاری تکاملی و ایجاد گونه‌های جدید استفاده شود (۲۰ و ۲۱). تنوع ژنتیکی درون گونه زراعی گلرنگ محدود است؛ اما گونه‌های وحشی خویشاوند آن از پتانسیل بسیار خوبی برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی برخوردارند (۲۱). گونه‌های وحشی و خویشاوندان گیاهان زراعی سازگاری وسیعی به شرایط آب و هوایی مختلف دارند و حامل ژن‌های مفیدی هستند. این گونه‌های گیاهی به‌عنوان منابع بالقوه برای صفاتی نظیر کیفیت، مقاومت به شوری، مقاومت به سرما، مقاومت به خشکی، مقاومت به ورس، زودرسی، کیفیت و عملکرد محسوب می‌شوند (۹، ۲۴ و ۲۵).

خشکی به‌عنوان شایع‌ترین عامل تنش، تولید محصولات کشاورزی را در حدود ۲۵ درصد از اراضی دنیا محدود کرده و عامل اصلی کاهش عملکرد به‌شمار می‌آید. گونه‌های وحشی و خویشاوندان گیاهان زراعی سازگاری وسیعی به شرایط آب و هوایی مختلف داشته و منبع مهمی از ژن‌های مطلوب برای بهبود بسیاری از صفات مهم نظیر، تحمل به خشکی و شوری و افزایش عملکرد محسوب می‌شوند (۹). مجیدی و همکاران (۱۳) در بررسی تحمل به خشکی لاین‌ها، توده‌های گلرنگ اهلی و گلرنگ وحشی دریافتند که تفاوت زیادی بین دو گونه اهلی و وحشی از نظر تحمل به خشکی وجود داشته، به‌طوری که با افزایش شدت تنش از سطحی به سطح دیگر عملکرد گونه‌های اهلی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است، درحالی که گونه‌های وحشی در شرایط عدم تنش و تنش متوسط تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه نشان ندادند. ملکی‌نژاد و مجیدی (۱۵) با بررسی ۱۰۰ ژنوتیپ داخلی و خارجی گلرنگ بیان کردند که علت اصلی کاهش عملکرد تحت شرایط تنش

خشکی، کاهش تعداد غوزه در بوته است و بیشترین میزان تنوع ژنتیکی در هر دو شرایط رطوبتی بر مبنای ضریب تنوع برای عملکرد دانه و اجزای آن مشاهده شده است. از بین اجزای عملکرد دانه، تعداد غوزه در بوته و وزن هزار دانه در تعیین عملکرد دانه گلرنگ بهاره نقش بیشتری داشته و نقش فرآورده‌های فتوسنتزی غیرساختاری ذخیره شده در اندام‌های رویشی به‌ویژه در ساقه گلرنگ و پیش از مرحله گلدهی در عملکرد دانه و تحت شرایط محدودیت آب طی دوره پر شدن دانه‌ها برجسته است (۱۲). کمبود آب در مراحل ساقه‌دهی، گلدهی و پر شدن دانه‌ها باعث کاهش تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه و درنهایت عملکرد دانه و روغن در گلرنگ بهاره شده است (۸).

در برنامه‌ریزی صحیح برای به‌نژادی، داشتن تنوع ژنتیکی کافی به همراه اطلاعات در خصوص کنترل ژنتیکی صفات زراعی و مورفولوژیک ضروری است که می‌تواند از طریق بررسی تلاقی‌های بین گونه‌ای حاصل شود. از آنجایی که بیشتر مطالعات در گلرنگ روی جوامع حاصل از تلاقی‌های درون گونه‌ای انجام شده است، لازم است امکان ادغام تنوع گونه‌های وحشی به‌ویژه برای بهبود پایداری و تحمل به تنش‌های محیطی صورت گیرد. این مطالعه با هدف بررسی تنوع ژنتیکی، تحمل به خشکی و ارتباط این تحمل با برخی صفات زراعی- مورفولوژیک در لاین‌های نسل F4 و F5 حاصل از سه تلاقی بین گونه‌ای در گلرنگ انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک شهرستان نجف آباد، با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی انجام شد.

مواد ژنتیکی مورد استفاده در این مطالعه شامل ۱۵۹ ژنوتیپ نسل F4 و F5 حاصل از تلاقی گونه اهلی *C. tinctorius* (با منشأ واریته محلی گلدشت) و دو گونه وحشی گلرنگ شامل *C. palaestinus* (با منشأ فلسطین و دریافت شده از بانک ژن USDA) و *C. oxyacanthus* (با منشأ شیراز) به‌صورت (TP) *C. tinctorius*× *C. palaestinus*، *C. oxyacanthus*× *C. tinctorius* (TO)، *C. palaestinus* × *C. oxyacanthus* (PO) به‌همراه والدین بود. بنابراین در مجموع ۱۶۲ ژنوتیپ مورد بررسی قرار گرفت. تلاقی بین سه گونه (گونه اهلی و دو گونه وحشی مذکور) قبلاً در سال ۱۳۹۰ توسط شیراوند و مجیدی (۲۳) انجام شده بود. مواد ژنتیکی مورد مطالعه در دو محیط رطوبتی عدم تنش (۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک) و تنش خشکی (۹۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک) در قالب طرح لاتیس ساده ۱۳×۱۳ با دو تکرار ارزیابی شدند. هر واحد آزمایشی شامل خطوط کشت ۲ متری بود. فاصله بوته‌ها روی هر خط کشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله پلات‌ها از همدیگر ۵۰ سانتی‌متر بود. از کودهای پتاس، نیتروژن و سوپر فسفات به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت یکنواخت در سرتاسر زمین مورد آزمایش استفاده شد.

به‌منظور اعمال تنش خشکی در نسل‌های مورد بررسی تمامی کرت‌ها تا ۵۰ درصد تکمه‌دهی از نظر آبیاری و اعمال مدیریت‌های زراعی به‌صورت یکسان درنظر گرفته شد. در زمان شروع اعمال تنش، رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر، ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد و مقدار آب آبیاری برای تأمین کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی مزرعه تعیین و سپس در هر دو تیمار آبیاری اعمال شد. تیمار آبیاری تا رسیدگی فیزیولوژیک (مشاهده آثار زردی در ۷۵ درصد برگچه‌های غوزه‌های هر پلات و جدا شدن دانه‌های هر غوزه با دست) گلرنگ ادامه داشت. برای تعیین زمان آبیاری دوم در هر تیمار به‌منظورکاهش تعداد نمونه‌گیری رطوبت خاک، از روش پیش‌بینی با استفاده از اندازه‌گیری تبخیر و تعرق تجمعی استفاده شد. به‌طوری که پس از هر آبیاری مقدار تجمعی تبخیر و تعرق

جدول ۱. سودمندی نسبی طرح بلوک کامل تصادفی نسبت به طرح لاتیس در دو نسل F4 و F5 در دو محیط آبیاری نرمال و تنش خشکی

نسل	محیط	DM	NB	HP	HD	SH	SW	O	SY	OY
F4	نرمال	۱۵۷/۳۵	۱۰۴/۳۰	۱۰۰/۹۸	۱۰۰/۰۱	۱۰۲/۵۲	۱۰۰/۵۴	۱۰۰/۰۰	۱۰۲/۳۳	۱۰۲/۸۴
	خشکی	۱۱۶/۵۱	۱۰۷/۸۶	۱۰۰/۷۹	۱۰۰/۱۵	۱۰۰/۰۱	۱۰۱/۶۵	۹۶/۰۳	۹۱/۷۸	۹۱/۴۹
F5	نرمال	۱۰۱/۸۵	۱۰۰/۰۴	۱۱۴/۳۱	۱۰۲/۱۸	۹۸/۷۳	۱۰۲/۱۴	۱۱۵/۳۸	۱۰۲/۲۷	۱۰۲/۰۴
	خشکی	۱۲۶/۲۱	۱۰۰/۲۷	۱۰۰/۰۳	۱۳۱/۳۱	۱۰۱/۷۶	۱۰۵/۲۰	۱۰۱/۷۹	۱۰۰/۵۳	۱۰۰/۱۸

DM: روز تا رسیدگی، NB: تعداد انشعاب در بوته، HP: تعداد غوزه در بوته، HD: قطر غوزه، SH: تعداد بذر در غوزه، SW: وزن صد دانه، O: درصد روغن، SY: عملکرد دانه، OY: عملکرد روغن

(ETc) با استفاده از رابطه فائو-پنمن- مانتیث با اعمال ضریب گیاهی گلرنگ طی دوره رشد محاسبه شد (۲) و زمانی که مقدار تبخیر و تعرق تجمعی به عمق مجاز تخلیه رطوبت از عمق توسعه ریشه (Id) در تیمار مورد نظر رسید، آبیاری انجام شد.

لیکن برای اطمینان از عدم اعمال تنش در تیمار شاهد و اطمینان وجود تنش در تیمار تنش، قبل از آبیاری با استفاده از اوگر، از دو نقطه در هر تیمار در عمق توسعه ریشه نمونه خاک تهیه و برای تعیین میزان رطوبت به آزمایشگاه منتقل و رطوبت اندازه‌گیری شده خاک در عمق توسعه ریشه با مقدار رطوبت مورد انتظار خاک در زمان آبیاری هر تیمار (θirri) مقایسه شد. مقدار رطوبت مورد انتظار خاک در زمان آبیاری (θirri) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$[\theta irri = \theta fc - [(\theta fc - \theta pwp) \times MAD$$

بنابراین زمان آبیاری برای تیمارهای مختلف متفاوت خواهد بود لیکن برای ایجاد شرایط تنش در تیمار تنش، مقدار آبی که به تیمارهای مختلف در یک دوره آبیاری داده می‌شود یکسان و برابر با کمبود آب خاک تا حد FC در تیمار عدم تنش است که مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I = (FC - \theta irri) \times D \times B$$

در رابطه فوق θirri متوسط رطوبت وزنی خاک در عمق توسعه ریشه مربوط به زمان آبیاری در تیمار عدم تنش (درصد)، I عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)، FC رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)، PWP رطوبت وزنی خاک در حد پژمردگی دائم (درصد)، D عمق فعال توسعه ریشه (میلی‌متر) و B چگالی ظاهری خاک در ناحیه توسعه ریشه (۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب) است.

صفات مورد بررسی در این مطالعه شامل روز تا رسیدگی، تعداد انشعاب در بوته، تعداد غوزه در هر بوته، تعداد دانه در هر غوزه، وزن صد دانه، عملکرد دانه در متر مربع، میزان روغن دانه و عملکرد روغن بود. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. با توجه به اینکه پس از تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح لاتیس ساده مشخص شد که سودمندی نسبی طرح بلوک کامل تصادفی بیشتر از طرح لاتیس ساده بود (جدول ۱)، درنتیجه تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول‌های ۱ (F4) و ۲ (F5) نشان می‌دهد که تنش رطوبتی بر صفات روز تا رسیدگی، وزن صد دانه، عملکرد دانه در واحد سطح و درصد روغن دانه اثر معنی‌داری داشت. در این آزمایش برای مشخص شدن تفاوت ژنوتیپ‌ها، مواد ژنتیکی به گروه والدینی، ژنوتیپ (F4 و F5) و بین گروه‌های ژنوتیپی شکسته شدند. تفاوت مواد ژنتیکی (والدین و ژنوتیپ‌های F4) در نسل F4 (درجه خلوص ۸۷/۵۰ درصد) برای بیشتر صفات معنی‌دار بود (جدول ۲). در نسل F5 (جدول ۳) با درصد هموزیگوسیتی بالاتر (درجه خلوص ۹۳/۷۵ درصد)، تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های F5 و همچنین بین ژنوتیپ‌های والدینی برای اکثر صفات مشاهده شد. وجود

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژی و زراعی در گونه‌های والدینی و جمعیت‌های بین‌گونه‌ای در گلرنگ در دو محیط رطوبتی در نسل F4

منابع تغییرات	df.	صفات								
		DM	NB	HP	HD	SH	SW	O	SY	OY
محیط رطوبتی	۱	۵۳۸۴**	۱۴۵۹	۵۶۰۳۶*	۱۰۸۹	۱۴۰۱۷*	۹۶/۸۲*	۱۸۰/۹۸	۱۹۵۲۹۲۶*	۱۳۵۱۶۹**
تکرار(محیط زطوبتی)	۲	۲۰/۳۱	۲۴۱/۲۱	۲۷۷۵	۷۷/۸۶	۵۷۶/۸۸	۵/۴۳	۱۱۳/۶۲	۹۶۷۶۷	۳۴۶۴/۳۴
ژنوتیپ	۱۶۱	۹/۸۶**	۹/۰۶**	۶۰/۳۱**	۴/۴۰**	۶۵/۴۵**	۰/۰۶	۱۲/۸۲**	۴۱۴۲**	۳۶۱/۰۷**
بین ژنوتیپ‌ها	۱	۲۷/۲۸*	۵/۰۹	۲۸/۶۵	۱۰/۱۲	۵/۹۳	۰/۴۸**	۳/۱۲	۷۲۰۳	۳۴۶/۰۱
والدین	۲	۴/۰۸	۵/۶۸*	۹۸/۳۹	۳۳/۳۱**	۲۰۸/۳۲*	۰/۶۳*	۳/۵۷**	۱۱۶۲۹*	۸۷۱/۶۷**
جمعیت های F4	۱۵۸	۹/۸۲**	۹/۱۳**	۶۰/۰۳**	۴/۰۰*	۶۴/۰۲**	۰/۴۸**	۱۲/۹۹**	۴۰۲۷**	۳۵۴/۷۰**
بین جمعیت‌ها	۲	۳۱۰/۹۵**	۴۸/۴۶**	۵۴۵/۷۸**	۲۴/۷۴**	۹۵۱/۶۱**	۹/۵۵**	۲۴۷/۶۲**	۱۰۲۴۶**	۱۴۱۱/۷۹**
جمعیت TP	۵۴	۶/۷۹*	۱۳/۷۱**	۷۰/۷۵**	۴/۲۳	۸۶/۶۴**	۰/۲۰**	۱۱/۷۵**	۴۰۲۶**	۳۵۹/۵۱**
جمعیت PO	۵۰	۶/۷۱	۵/۱۰**	۴۷/۵۴**	۴/۱۷	۳۸/۰۴**	۰/۴۳**	۱۱/۹۳**	۴۳۱۶**	۳۹۸/۴۳**
جمعیت TO	۵۲	۴/۳۷	۶/۷۴**	۴۲/۲۱**	۲/۸۰	۳۱/۳۸**	۰/۴۶**	۶/۲۹**	۳۵۱۲**	۲۶۷/۰۱**
محیط *ژنوتیپ	۱۶۱	۶/۰۸*	۷/۱۷**	۴۸/۳۶**	۲/۹۸	۲۵/۵۵**	۰/۱۳*	۵/۶۶**	۱۵۴۰	۱۳۱/۶۵**
محیط *بین ژنوتیپ	۱	۱/۰۹	۱/۳۶	۳۳/۰۳	۰/۴۴	۴۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۲۲	۳۹۴۹	۲۳۸/۳۱
محیط *والدین	۲	۲/۵۸	۱۵/۰۲**	۱۵۴/۴۲	۰/۷۴	۱۱/۲۱	۰/۱۱	۱/۱۴**	۵۶۴/۷۳	۶۵/۱۹
محیط *جمعیت F4	۲۵۸	۶/۱۶*	۷/۱۱**	۴۷/۱۱**	۳/۰۳	۲۵/۶۴**	۰/۱۳*	۵/۷۵**	۱۵۳۷	۱۳۱/۸۲**
محیط*بین جمعیت‌ها	۲	۱۸۴/۵۳**	۲۶/۶۶**	۳۵۳/۲۴**	۲/۰۷	۵۹/۶۳	۰/۶۴*	۴/۱۷	۴۷۷۹	۲۵۱/۳۸
محیط * جمعیت TP	۵۴	۳/۹۷	۷/۱۱**	۳۵/۶۲**	۳/۴۷	۲۲/۵۱**	۰/۱۱	۷/۵۷**	۱۱۱۲	۱۱۷/۵۹
محیط *جمعیت PO	۵۰	۴/۶۶	۵/۴۷**	۵۷/۱۹**	۲/۹۵	۲۱/۸۹**	۰/۱۴	۵/۴۵**	۱۲۴۵	۱۰۱/۴۸
محیط*جمعیت TO	۵۲	۳/۰۱	۷/۹۳**	۳۷/۵۸**	۲/۶۷	۳۱/۱۷**	۰/۱۲	۴/۲۳**	۲۱۳۳**	۱۷۱/۱۶**
خطا	۳۲۲	۴/۹۱	۲/۳۵	۲۲/۱۷	۳/۲۰	۱۰/۲۱	۰/۱۰	۰/۰۴	۱۵۶۹	۹۶/۸۵

* و** به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطح پنج و یک درصد است

DM: روز تا رسیدگی، NB: تعداد انشعاب در بوته، HP: تعداد غوزه در بوته، HD: قطر غوزه، SH: تعداد بذر در غوزه، SW: وزن صد دانه، O: درصد روغن، SY: عملکرد دانه، OY: عملکرد روغن.

تلاقی‌ها: TP: *C. tinctorius* × *C. palaestinus*، PO: *C. palaestinus* × *C. oxyacanthus*، TO: *C. tinctorius* × *C. oxyacanthus*

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژی و زراعی در گونه‌های والدینی و جمعیت‌های بین‌گونه‌ای در گلرنگ در دو محیط رطوبتی در نسل F5

منابع تغییرات	df.	صفات								
		DM	NB	HP	HD	SH	SW	O	SY	OY
محیط رطوبتی	۱	۱۸۹۸۳**	۲۰/۶۰	۱۰۵۵۴	۱۳۱۲*	۸۹۲۶/۱۸*	۵۳/۱۴*	۵۳۲/۶۴**	۶۵۱۳۴۸۷*	۶۱۵۰۵۴*
تکرار(محیط رطوبتی)	۲	۷۸۰/۱۸	۲۶۹/۳۳	۱۹۱۰	۹۶/۰۳	۴۲۶/۱۴	۲/۳۹	۶/۲۰	۴۶۱۰۱۰	۴۳۶۴۲
ژنوتیپ	۱۶۱	۵/۲۸**	۳/۴۰**	۲۹/۵۷**	۵/۱۶**	۸۳/۱۸**	۰/۳۳**	۲/۴۹**	۹۰۰۴**	۸۰۶/۵۸*
بین ژنوتیپ‌ها	۱	۳/۷۶	۰/۶۲	۱۸/۴۸	۰/۳۷	۲۸/۲۳	۰/۹۲*	۱/۲۱	۶۱۶/۳۷	۶۵/۹۶
والدین	۲	۵/۵۸	۶/۰۷**	۴۸/۵۲*	۶/۰۱	۳۶۵/۸۰	۰/۲۱	۲/۶۱	۴۹۷/۱۷	۲۹/۵۴
جمعیت‌های F5	۱۵۸	۵/۲۸**	۳/۳۸**	۲۹/۴۰**	۵/۱۷**	۷۹/۹۵**	۰/۳۳**	۲/۴۹**	۹۱۶۷**	۸۲۱/۴۰**
بین جمعیت ها	۲	۲۴/۵۷**	۶/۴۶*	۲۱۹/۵۰**	۵۹/۶۶**	۴۱۶/۷۶**	۴/۸۹**	۸/۲۱**	۷۵۵۵	۶۶۱/۱۲
جمعیت TP	۵۴	۶/۷۶**	۳/۷۲**	۲۲/۴۲**	۴/۹۷**	۸۰/۴۷**	۰/۲۸**	۰/۲۸**	۱۲۲۷۸**	۱۰۰۸/۷۱**
جمعیت PO	۵۰	۵/۴۰*	۲/۹۸**	۲۹/۸۱**	۳/۹۰*	۵۳/۹۶	۰/۲۸*	۲/۵۴**	۹۴۳۹**	۹۱۲/۸۸**
جمعیت TO	۵۲	۲/۹۶	۳/۲۴**	۲۷/۹۰**	۴/۵۷**	۹۲/۶۴**	۰/۲۴	۲/۲۶**	۵۹۰۸**	۵۶۰/۲۸**
محیط *ژنوتیپ	۱۶۱	۴/۹۲**	۲/۶۷**	۲۲/۲۹**	۲/۷۷	۴۲/۲۱	۰/۱۶	۲/۱۵	۸۳۹۳	۷۵۹/۰۵**
محیط *بین ژنوتیپ	۱	۴/۲۲	۲/۳۲	۶/۳۶	۱/۱۸	۳۱۶/۲۰*	۰/۲۲	۴/۷۰	۸۱۴۲	۷۷۲/۴۷
محیط *والدین	۲	۱/۵۸	۳/۱۶**	۲/۷۳	۱۰/۲۰	۶۱/۴۴	۰/۱۸	۳/۷۱	۶۳۱۱	۷۳۱/۳۴
محیط *جمعیت F4	۲۵۸	۴/۹۷**	۲/۶۷**	۲۲/۶۴**	۲/۶۷	۴۰/۲۴	۰/۱۶	۲/۱۱**	۸۴۲۳**	۷۵۹/۵۹**
محیط*بین جمعیت ها	۲	۷/۰۹	۱/۷۸	۵/۴۱	۲۵/۲۳**	۱۳۰/۴۱	۰/۴۷	۵/۹۵*	۳۱۶۶۳**	۲۸۱۴/۸۸**
محیط * جمعیت TP	۵۴	۴/۳۰*	۱/۷۴**	۲۰/۵۹**	۱/۹۵	۲۹/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۹	۱۰۵۸۸**	۹۰۵/۱۰**
محیط *جمعیت PO	۵۰	۵/۸۲*	۲/۶۳**	۲۶/۱۸**	۲/۸۰	۳۶/۷۸	۰/۱۲	۱/۶۹	۷۷۷۴**	۷۳۴/۲۰**
محیط*جمعیت TO	۵۲	۴/۷۵**	۳/۷۰**	۲۱/۹۱**	۲/۴۶	۵۲/۹۷*	۰/۱۵	۲/۱۸**	۶۰۴۶**	۵۶۵/۳۷**
خطا	۳۲۲	۲/۹۵	۰/۹۶	۴/۳۶	۲/۵۸	۳۹/۸۵	۰/۱۷	۱/۲۰	۲۶۱۶	۲۵۹/۰۳

* و** به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطح پنج و یک درصد است

DM: روز تا رسیدگی، NB: تعداد انشعاب در بوته، HP: تعداد غوزه در بوته، HD: قطر غوزه، SH: تعداد بذر در غوزه، SW: وزن صد دانه، O: درصد روغن، SY: عملکرد دانه، OY: عملکرد روغن.

تلاقی‌ها :TP: *C. tinctorius* × *C. palaestinus*، PO: *C. palaestinus* × *C. oxyacanthus*، TO: *C. tinctorius* × *C. oxyacanthus*

جدول ۴. مقایسه میانگین شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک و زراعی برای جمعیت‌های بین گونه‌ای در گلرنگ در نسل F4 و F5

نسل	محیط	صفات								
		DM (day)	NB	HP	HD (mm)	SH	SW (g)	O (%)	SY (gm^{-2})	OY (gm^{-2})
F4	نرمال	۱۳۳/۹۷^{a}	۱۰/۸۶^{a}	۳۳/۵۶^{a}	۲۱/۶۰^{a}	۲۵/۶۰^{a}	۲/۹۳^{a}	۲۵/۱۶^{a}	۲۳۰/۷۷^{a}	۵۸/۳۳^{a}
	خشکی	۱۲۸/۱۵^{b}	۷/۸۹^{a}	۱۵/۳۲^{b}	۱۸/۹۸^{a}	۱۶/۲۷^{b}	۲/۱۶^{b}	۲۴/۱۰^{a}	۱۲۱/۹۰^{b}	۲۹/۴۵^{b}
	درصد تغییر	۴/۳۴	۲۷/۳۵	۵۴/۳۵	۱۲/۱۳	۳۶/۴۵	۲۶/۲۸	۴/۲۱	۴۷/۱۸	۴۹/۵۱
F5	نرمال	۱۳۳/۶۹^{a}	۶/۵۶^{a}	۱۶/۱۰^{a}	۲۳/۱۲^{a}	۲۷/۸۸^{a}	۳/۳۱^{a}	۳۰/۰۰^{a}	۳۰۸/۰۲^{a}	۹۲/۵۲^{a}
	خشکی	۱۲۲/۶۵^{b}	۶/۲۴^{a}	۷/۸۱^{a}	۲۰/۱۷^{b}	۱۹/۸۹^{b}	۲/۷۲^{b}	۲۸/۱۹^{a}	۹۹/۰۵^{b}	۲۸/۱۳^{b}
	درصد تغییر	۸/۲۶	۴/۸۸	۵۱/۴۹	۱۲/۷۶	۲۸/۶۵	۱۷/۸۲	۶/۰۳	۶۷/۸۴	۶۵/۵۹

در هر ستون و هر نسل میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند برمبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
DM: روز تا رسیدگی، NB: تعداد انشعاب در بوته، HP: تعداد غوزه در بوته، HD: قطر غوزه (میلی‌متر)، SH: تعداد بذر در غوزه، SW: وزن صد دانه (گرم)، O: درصد روغن (درصد)، SY: عملکرد دانه (گرم در مترمربع)، OY: عملکرد روغن (گرم در مترمربع)

تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های والدینی نشان از تنوع ژنتیکی این سه والد با همدیگر دارد. تنوع ژنتیکی پیش‌نیاز افزایش شانس گزینش ژنوتیپ‌های برتر و تفکیک صفات گوناگون است (۵). بر اساس مطالعه چپمن و بارک (۴) مشخص شده است که گلرنگ در طی اهلی شدن دچار کاهش تنوع در مقایسه با اجداد وحشی خود شده است. از این‌رو استفاده از گونه‌های وحشی به‌عنوان والدین بخشنده ژن در برنامه‌های اصلاحی ممکن است تنوع ژنتیکی و به‌دنبال آن عملکرد بذر و تحمل به خشکی را در ارقام زراعی گلرنگ بهبود دهد. بر اساس نتایج این مطالعه تفاوت بین و درون هر سه جمعیت ایجاد شده از تلاقی‌های بین‌گونه‌ای شامل TP، PO و TO برای اکثر صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده وجود تنوع کافی در نتاج ایجاد شده برای بهبود برنامه‌های اصلاحی در گلرنگ است (جدول ۲ و ۳).

نتایج مقایسه میانگین صفات برای محیط‌های رطوبتی نشان داد که تنش خشکی مقادیر اکثر صفات را به‌طور معنی‌داری در هر دو نسل F4 و F5 کاهش داد (جدول ۴). درصد کاهش عملکرد دانه در نسل F4 و F5 به‌ترتیب برابر ۴۷/۱۸ و۶۷/۸۴ بود (جدول ۴). با اینکه گلرنگ گیاهی متحمل به مناطق خشک مانند ایران شناخته شده است ولی کاهش در عملکرد دانه آن، نقش مهم آبیاری در مرحله گلدهی این گیاه را روشن می‌سازد (۲۷). فراست و همکاران (۷) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ نشان دادند که در اثر اعمال تنش خشکی، ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه در بوته کاهش یافته است. یاری و همکاران (۲۶) در مطالعه اثر تنش خشکی روی رشد و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره گزارش کردند تنش خشکی در مرحله گلدهی و تشکیل دانه به‌ترتیب ۵۹/۸۱ و ۲۹/۸۰ درصد کاهش در عملکرد دانه را نسبت به شرایط بدون تنش به همراه داشته است.

نتایج ضرایب تنوع ژنتیکی در هر دو نسل (F4 و F5) تأیید کرد که تنوع قابل ملاحظه‌ای برای هر سه جمعیت در هر دو نسل (F4 و F5) وجود دارد و لذا انتخاب از بین نتاج این تلاقی‌ها برای ایجاد لاین‌های مقاوم به تنش خشکی در برنامه‌های اصلاحی آینده مؤثر خواهد بود (جدول ۵). با توجه به پارامترهای ژنتیکی مورد بررسی در این مطالعه مشاهده شد که تنوع ژنتیکی در نسل F5 نسبت به نسل F4 در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی افزایش یافت. به‌عنوان مثال، در ضریب

جدول ۵. ضریب تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژی و زراعی در جمعیت‌های تلاقی بین‌گونه‌ای در شرایط نرمال و تنش خشکی در نسل F4 و F5

نسل	جمعیت	ضریب تنوع ژنتیکی (٪)								
		محیط نرمال								
		DM	NB	HP	HD	SH	SW	O	SY	OY
F4	TP	۰/۶۱	۲۰/۵۷	۱۵/۷۰	۳/۹۴	۱۶/۲۲	۸/۲۲	۸/۰۰	۸/۸۹	۱۵/۲۷
	PO	۰/۶۵	۱۲/۵۷	۱۲/۸۹	۲/۹۲	۱۰/۵۶	۱۱/۹۵	۸/۶۴	۱۰/۳۵	۱۷/۶۳
	TO	۰/۸۲	۱۸/۵۶	۱۰/۲۶	۳/۱۳	۱۴/۵۵	۷/۶۲	۵/۵۰	۱۳/۹۲	۱۵/۴۴
F5	TP	۰/۶۴	۱۶/۶۹	۲۶/۷۰	۳/۵۵	۶/۲۹	۷/۲۸	۲/۲۹	۲۸/۰۰	۲۶/۷۵
	PO	۰/۳۲	۱۵/۸۳	۲۴/۹۸	۴/۴۸	۹/۹۱	۴/۱۹	۱/۲۷	۲۰/۹۵	۲۱/۳۱
	TO	۰/۴۷	۱۵/۴۷	۲۷/۶۸	۴/۳۹	۲۰/۹۸	۷/۷۹	۲/۱۵	۱۷/۶۲	۱۸/۰۷
		محیط تنش								
		DM	NB	HP	HD	SH	SW	O	SY	OY
F4	TP	۰/۵۹	۱۸/۶۲	۲۰/۲۹	۴/۹۲	۲۵/۰۹	۶/۸۸	۹/۸۶	۱۰/۹۱	۲۱/۱۲
	PO	۰/۳۹	۱۶/۷۲	۱۷/۶۷	۵/۰۵	۲۲/۳۰	۱۲/۹۶	۹/۰۲	۱۸/۹۷	۲۵/۴۶
	TO	۰/۵۷	۱۲/۹۰	۱۵/۷۴	۴/۳۸	۲۶/۰۲	۱۵/۲۰	۶/۹۹	۲۳/۲۵	۲۵/۹۴
F5	TP	۱/۱۹	۱۳/۲۱	۱۹/۸۶	۴/۳۹	۱۷/۵۶	۸/۲۱	۳/۸۹	۳۳/۶۹	۳۳/۸۹
	PO	۱/۶۴	۱۳/۷۸	۲۵/۳۸	۴/۲۱	۱۴/۰۴	۱۰/۵۴	۲/۳۴	۴۰/۵۸	۴۳/۷۴
	TO	۱/۰۴	۱۸/۳۵	۲۴/۲۴	۳/۳۰	۲۵/۶۶	۴/۸۸	۳/۱۹	۲۶/۲۵	۲۶/۳۴

DM: روز تا رسیدگی، NB: تعداد انشعاب در بوته، HP: تعداد غوزه در بوته، HD: قطر غوزه، SH: تعداد بذر در غوزه، SW: وزن صد دانه، O: درصد روغن، SY: عملکرد دانه، OY: عملکرد روغن. تلاقی‌ها: TP: *C. tinctorius* × *C. palaestinus*، PO: *C. palaestinus* × *C. oxyacanthus*، TO: *C. tinctorius* × *C. oxyacanthus*

تنوع ژنتیکی در شرایط نرمال برای عملکرد دانه در نسل F4 در جمعیت‌های TP، PO و TO به‌ترتیب ۸/۸۹ درصد، ۱۰/۳۵ درصد و ۱۳/۹۴ درصد بود. درحالی که در نسل F5 این ضرایب به‌ترتیب برابر ۲۸/۰۰ درصد، ۲۰/۹۵ درصد و ۱۷/۶۲ درصد در جمعیت‌های ذکر شده بود. در طول نسل‌های متناوب واریانس ژنتیکی بین فامیل‌ها افزایش و واریانس درون فامیل کاهش می‌یابد. افزایش واریانس بین فامیل‌ها به‌دلیل افزایش واریانس افزایشی و کاهش واریانس غالبیت است و به‌همین دلیل واریانس ژنتیکی در نسل بی‌نهایت کاملاً افزایشی است. بالا بودن واریانس نسل F5 نسبت به دو نسل دیگر نیز در این مطالعه نیز ممکن است نشان‌دهنده کنترل افزایشی صفات مورد اندازه‌گیری در این مطالعه باشد. از طرفی در برخی صفات کاهش ضریب تنوع ژنتیکی در نسل F5 و در برخی جمعیت‌ها مشاهده شد. به‌عنوان مثال ضریب تنوع زنتیکی در صفت روز تا رسیدگی در جمعیت TO در نسل F5 (۰/۴۷) کمتر از نسل F4 (۰/۸۲) بود (جدول ۵). این کاهش تنوع در برخی صفات در نسل‌های پیشرفته می‌تواند نشان از کنترل ژنی غالبیت برای صفت مدنظر باشد.

مقایسه میانگین سه گونهٔ والدی در این مطالعه در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان داد برای صفت عملکرد دانه، به‌عنوان مهم‌ترین صفت اقتصادی، *C. tinctorius* و *C. palaestinus* در هر دو محیط نرمال (به‌ترتیب با ۲۲۶/۰۵ و ۲۲۵/۰۹ گرم در مترمربع) و تنش خشکی (به‌ترتیب ۱۲۷/۴۹ و ۱۵۳/۲۷ گرم در مترمربع) بیشترین مقدار بود. همچنین دو والد *C. tinctorius* و

جدول ۶. میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد در سه گونه گلرنگ در شرایط نرمال و تنش خشکی

صفات	والدین†	نرمال	خشکی	میانگین
روز تا رسیدگی (روز)	T	۱۳۰/۵۰^{a}	۱۲۶/۵۰^{a}	۱۲۸/۵۰^{a}
	P	۱۳۴/۰۰^{a}	۱۲۷/۰۰^{a}	۱۳۰/۵۰^{a}
	O	۱۳۲/۰۰^{a}	۱۲۷/۵۰^{a}	۱۲۹/۷۵^{a}
تعداد انشعاب در بوته	T	۷/۲۵^{b}	۸/۷۵^{a}	۸/۰۰^{b}
	P	۱۱/۲۵^{a}	۵/۰۰^{a}	۸/۱۲^{b}
	O	۱۱/۲۵^{a}	۹/۰۰^{a}	۱۰/۱۲^{a}
تعداد غوزه در بوته	T	۲۹/۲۰^{a}	۱۵/۳۰^{a}	۲۲/۲۵^{a}
	P	۲۰/۴۰^{a}	۱۶/۷۵^{a}	۱۸/۵۷^{a}
	O	۴۲/۵۸^{a}	۱۴/۲۰^{a}	۲۸/۳۹^{a}
قطر غوزه (mm)	T	۲۲/۴۹^{a}	۱۹/۷۴^{ab}	۲۱/۱۱^{a}
	P	۲۲/۰۷^{a}	۱۹/۸۲^{a}	۲۰/۹۵^{a}
	O	۱۸/۰۰^{a}	۱۴/۰۷^{b}	۱۶/۰۳^{b}
تعداد دانه در غوزه	T	۲۶/۱۲^{a}	۲۴/۱۳^{a}	۲۵/۱۳^{a}
	P	۲۹/۵۷^{a}	۲۳/۰۰^{a}	۲۶/۲۹^{a}
	O	۱۷/۵۰^{b}	۹/۰۰^{b}	۱۳/۲۵^{b}
وزن صد دانه (g)	T	۲/۹۳^{b}	۱/۸۹^{a}	۲/۴۱^{b}
	P	۳/۵۹^{a}	۲/۱۶^{a}	۲/۸۷^{a}
	O	۲/۴۶^{b}	۱/۷۱^{a}	۲/۰۸^{b}
درصد روغن (%)	T	۲۶/۴۵^{a}	۲۴/۵۰^{b}	۲۵/۴۷^{b}
	P	۲۶/۱۵^{b}	۲۵/۶۰^{a}	۲۵/۸۷^{a}
	O	۲۴/۰۰^{c}	۲۴/۱۵^{b}	۲۴/۰۷^{c}
عملکرد دانه (gm^{-2})	T	۲۲۶/۰۵^{a}	۱۲۷/۴۹^{a}	۱۷۶/۷۷^{a}
	P	۲۲۵/۰۹^{a}	۱۵۳/۲۷^{a}	۱۸۹/۱۸^{a}
	O	۱۱۵/۷۹^{b}	۶۴/۶۲^{b}	۹۰/۲۰^{b}
عملکرد روغن (gm^{-2})	T	۵۹/۴۰^{a}	۳۱/۰۳^{a}	۴۵/۲۱^{a}
	P	۵۸/۶۳^{a}	۳۹/۰۵^{a}	۴۸/۸۴^{a}
	O	۲۷/۸۱^{a}	۱۵/۷۰^{b}	۲۱/۶۷^{b}

در هر ستون و برای هر صفت میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند. †گونه‌های والدینی: T: *C. tinctorius*، P: *C. palaestinus*، O: *C. oxyacanthus*

C. palaestinus بیشترین میانگین تعداد دانه در غوزه در محیط نرمال (به‌ترتیب ۲۶/۱۲ و ۲۹/۵۷) و تنش خشکی (به‌ترتیب ۲۴/۱۳ و ۲۳/۰۰) را نشان دادند. این خود نشان‌دهنده نزدیکی و قرابت ژنتیکی گونه وحشی *C. palaestinus* به گونه زراعی *C. tinctorius* است که در چندین مطالعه تأیید شده است (۴ و ۱۴). والدین *C. palaestinus* و *C. oxyacanthus* بیشترین

تعداد انشعاب در بوته (به‌ترتیب ۱۱/۲۵ و ۱۱/۲۵) را در محیط نرمال داشتند. همچنین والد *C. palaestinus* با ۳/۵۹ گرم بیشترین وزن صد دانه، و والد *C. tinctorius* با ۲۶/۴۵ درصد بیشترین درصد روغن را در محیط نرمال داشتند.

در محیط تنش خشکی، والدین *C. tinctorius* و *C. palaestinus* بیشترین مقدار قطر غوزه (به‌ترتیب ۱۹/۷۴ و ۱۹/۸۲میلی‌متر) را نشان دادند. والد *C. palaestinus* بیشترین مقدار درصد روغن (۲۵/۶۰) را نسبت به دو والد دیگر در محیط تنش خشکی نشان داد (جدول ۶). شیراوند و مجیدی (۲۳) نشان دادند که گونه *C. palaestinus* به‌علت دارا بودن مقادیر بالای اجزای عملکرد و درصد روغن در هر دو شرایط رطوبتی عدم تنش و تنش خشکی نسبت به گونه زراعی و سایر گونه‌های وحشی مورد بررسی برتری نشان داد. در این مطالعه نیز والد *C. palaestinus* بیشترین درصد روغن را در محیط تنش خشکی نشان داد. این گونه به‌عنوان نزدیک‌ترین والد وحشی و همچنین از اجداد گلرنگ زراعی شناخته شده است (۴ و ۱۴). همچنین راپسون و همکاران (۱۹) انتقال برخی از ژن‌های مهم شامل ژن‌های مرتبط با روغن از *C. palaestinus* به *C. tinctorius* گزارش کرده‌اند. این نتایج نشان داد که والدین وحشی گلرنگ از پتانسیل خوبی از لحاظ تحمل به خشکی، عملکرد دانه و اجزای آن برای انتقال به نتاج برخوردارند و تلاقی‌های بین گونه‌ای می‌تواند روش مناسبی برای بهره‌برداری از تنوع موجود در این والدین باشد. والدین وحشی گلرنگ منبع غنی از ژن‌های مرتبط با تنش‌های زنده و غیرزنده هستند که برخی از آنها دارای طیف گسترده‌ای از ژن‌های کلیدی هستند و می‌توان از آنها در برنامه‌های اصلاحی بهره برد (۱۳). پیرل و بارک (۱۷) گزارش کردند که گونه‌های وحشی دارای تنوع ژنتیکی ثبت نشده هستند که می‌تواند به بهبود برنامه‌های اصلاحی در آینده کمک کند.

مقایسه میانگین جمعیت‌های تلاقی بین‌گونه‌ای در نسل F4 و نسل F5 در جدول ۷ و ۸ قابل مشاهده است. این نتایج به‌طور کلی نشان می‌دهد که برای صفات مختلف، گونه‌های مختلف عامل برتری بوده‌اند. در نسل F4 جمعیت TP بالاترین مقدار عملکرد دانه (۲۴۳/۴۲) را در شرایط نرمال نشان داد ولی در شرایط خشکی تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌های مورد بررسی برای این صفت مشاهده نشد (جدول ۷). در نسل F5 به‌عنوان نسل خالص‌تر در مقایسه با نسل F4، جمعیت TP بیشترین مقدار عملکرد دانه (۳۲۸/۵۵)، قطر غوزه (۲۴/۰۷)، تعداد دانه در غوزه (۳۱/۲۵) و عملکرد روغن (۹۸۷۵) در شرایط نرمال را به‌خود اختصاص داد (جدول ۸). این نتایج نشان داد که تلاقی‌هایی که در آن والد وحشی *C. palaestinus* شرکت داشت، عملکرد دانهٔ بالاتری نسبت به تلاقی‌هایی که در آن والد وحشی *C. oxyacanthus* شرکت داشته، نشان داده است. در شرایط تنش خشکی در نسل F5 برای صفت عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌های مورد بررسی در شرایط تنش خشکی مشاهده نشد. درصد کاهش عملکرد دانه در جمعیت TO کمترین مقدار و در جمعیت TP بیشترین مقدار بود. این نشان‌دهنده پتانسیل والد وحشی *C. oxyacanthus* در مقاومت و پایداری به تنش خشکی است که در تحقیقات قبلی نیز (۱۳) گزارش شده است. از طرفی جمعیت TP از نظر عملکرد دانه و اجزای آن برتری قابل توجهی نسبت به جمعیت‌های دیگر در شرایط نرمال نشان داد. جمعیت TP و TO بیشترین مقدار قطر غوزه (به‌ترتیب ۲۰/۳۵ و ۲۰/۳۶) را در شرایط تنش خشکی نشان دادند. همانند شرایط نرمال در شرایط تنش نیز جمعیت PO بیشترین مقدار تعداد غوزه در بوته (۹/۱۵) را نشان داد (جدول ۸). سبزعلیان و همکاران (۲۱) تنوع قابل ملاحظه‌ای را از لحاظ تعداد غوزه در بوته در والدین وحشی گزارش کردند. آنها همچنین گزارش کردند که والدین وحشی از نظر این صفت میانگین بالاتری نسبت به ارقام زراعی نشان دادند. درنتیجه تعداد غوزه در بوته به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد دانه در این گیاه (۱) و همچنین دارای پتانسیل ژنتیکی در والد وحشی می‌تواند در برنامه اصلاحی گلرنگ از طریق تلاقی بین‌گونه‌ای قابل استفاده باشد (۲۱). در این مطالعه والد *C. oxyacanthus* و تلاقی PO بیشترین تعداد غوزه در بوته

جدول ۷. میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد جمعیت‌های تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ در شرایط نرمال و تنش خشکی در نسل F4

صفات	جمعیت†	نرمال	خشکی	درصد تغییر	میانگین
روز تا رسیدگی (روز)	TP	۱۳۱/۶۷^{c}	۱۲۷/۹۹^{b}	۲/۸۰*	۱۲۹/۸^{c}
	PO	۱۳۵/۶۴^{a}	۱۲۸/۷۸^{a}	۵/۰۶*	۱۳۲/۲۱^{a}
	TO	۱۳۴/۸۱^{b}	۱۲۷/۹۰^{b}	۵/۱۲**	۱۳۱/۳۵^{b}
تعداد انشعاب در بوته	TP	۱۱/۳۲^{a}	۷/۵۹^{b}	۳۲/۹۶^{ns}	۹/۴۵^{a}
	PO	۱۰/۳۶^{b}	۷/۴۱^{b}	۲۸/۴۶^{ns}	۸/۸۹^{b}
	TO	۱۱/۰۱^{ab}	۸/۶۸^{a}	۲۱/۱۵^{ns}	۹/۸۵^{a}
تعداد غوزه در بوته	TP	۳۲/۵۸^{b}	۱۳/۰۸^{c}	۵۹/۸۵*	۲۲/۸۳^{b}
	PO	۳۶/۰۹^{a}	۱۵/۳۴^{b}	۵۷/۵۰*	۲۵/۷۲^{a}
	TO	۳۳/۳۳^{b}	۱۷/۵۶^{a}	۴۷/۳۱^{ns}	۲۵/۴۴^{a}
قطر غوزه (mm)	TP	۲۱/۸۵^{a}	۱۹/۴۹^{a}	۱۰/۸^{ns}	۲۰/۶۷^{a}
	PO	۲۱/۳۷^{b}	۱۸/۷۰^{b}	۱۲/۵^{ns}	۲۰/۰۳^{b}
	TO	۲۱/۵۲^{ab}	۱۸/۷۸^{b}	۱۲/۷*	۲۰/۱۵^{b}
تعداد دانه در غوزه	TP	۲۷/۴۲^{a}	۱۸/۵۷^{a}	۳۲/۲۵^{ns}	۲۳/۰۰^{a}
	PO	۲۴/۹۷^{b}	۱۶/۳۰^{b}	۳۴/۷۱*	۲۰/۶۳^{b}
	TO	۲۴/۱۱^{b}	۱۳/۵۲^{c}	۴۳/۹۲**	۱۸/۸۱^{c}
وزن صد دانه (g)	TP	۲/۹۰^{b}	۲/۲۴^{a}	۲۲/۷۹^{ns}	۲/۵۷^{b}
	PO	۲/۷۳^{c}	۱/۸۵^{b}	۳۲/۲۹*	۲/۲۹^{c}
	TO	۳/۰۹^{a}	۲/۳۳^{a}	۲۴/۷۱*	۲/۷۱^{a}
درصد روغن	TP	۲۵/۱۵^{b}	۲۳/۹۱^{b}	۴/۹۳^{ns}	۲۴/۵۳^{b}
	PO	۲۴/۱۶^{c}	۲۲/۹۶^{c}	۴/۹۶^{ns}	۲۳/۵۶^{c}
	TO	۲۶/۱۱^{a}	۲۵/۳۷^{a}	۲/۸۳^{ns}	۲۵/۷۴^{a}
عملکرد دانه (gm^{-2})	TP	۲۴۳/۴۲^{a}	۱۲۵/۲۲^{a}	۴۸/۶*	۱۸۴/۳۱^{a}
	PO	۲۲۷/۵۰^{b}	۱۱۴/۳۷^{a}	۴۹/۷*	۱۷۰/۹۳^{b}
	TO	۲۲۴/۵۴^{b}	۱۲۴/۶۳^{a}	۴۴/۵*	۱۷۴/۵۸^{b}
عملکرد روغن (gm^{-2})	TP	۶۱/۳۳^{a}	۳۰/۱۰^{a}	۵۰/۹۲*	۴۵/۷۱^{a}
	PO	۵۵/۴۰^{b}	۲۶/۴۸^{b}	۵۲/۲۰*	۴۰/۹۴^{b}
	TO	۵۸/۵۹^{ab}	۳۱/۶۷^{a}	۴۵/۹۵*	۴۵/۱۳^{a}

در هر ستون و برای هر صفت میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند برمبنای آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

† تلاقی‌ها: TP: *C. tinctorius* × *C. palaestinus*، PO: *C. palaestinus* × *C. oxyacanthus*، TO: C. t*inctorius* × *C. oxyacanthus*

در بین تلاقی‌های مورد نظر و همچنین ژنوتیپ‌های شاهد در محیط تنش دارا بودند که می‌تواند تأییدی بر امکان انتقال صفت تعداد غوزه بیشتر از والد وحشی از طریق تلاقی بین‌گونه‌ای و درنتیجه انتخاب برای نتاج با تعداد غوزه بیشتر در درون این تلاقی باشد. میانگین وزن صد دانه در جمعیت TO بیشتر از دو جمعیت دیگر بود که نشان دهندهٔ پتانسیل والدین *C.tinctorius* و *C. oxyacanthus* برای بهبود این صفت دارند. برای صفت روز تا رسیدگی در محیط نرمال، بیشترین و کمترین میانگین به‌ترتیب مربوط به تلاقی TO و TP و دارای تفاوت معنی‌دار بودند (جدول ۷) ولی در محیط تنش خشکی تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. دوره رشد کوتاه از جهت اینکه باعث برداشت زود هنگام قبل از تأثیر برخی

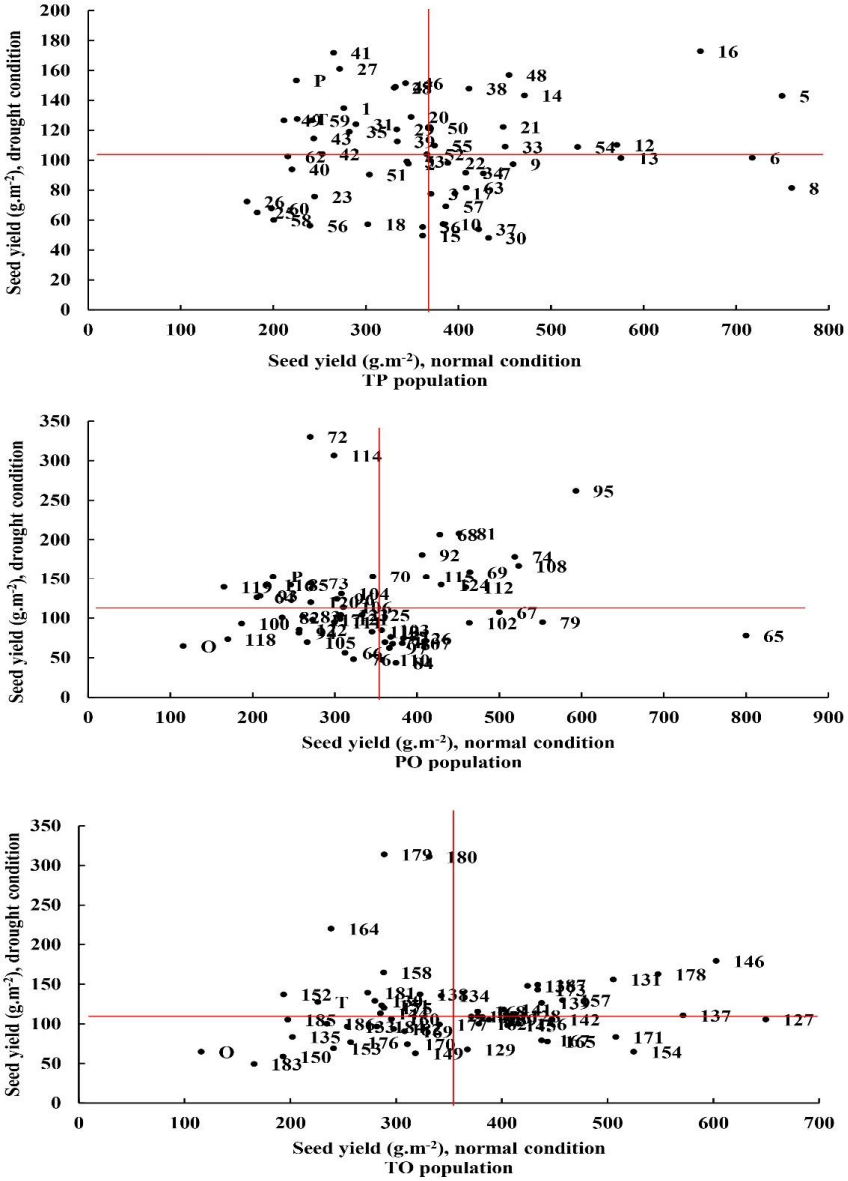
جدول ۸ میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد جمعیت‌های تلاقی بین‌گونه‌ای گلرنگ در شرایط نرمال و تنش خشکی در نسل F5

صفات	جمعیت†	نرمال	خشکی	درصد تغییر	میانگین
روز تا رسیدگی (روز)	TP	۱۳۳/۲۵^{c}	۱۲۲/۳۵^{a}	۸/۱۸*	۱۲۷/۸^{b}
	PO	۱۳۳/۷۰^{b}	۱۲۳/۰۰^{a}	۸/۰۱*	۱۲۸/۳۵^{a}
	TO	۱۳۴/۰۷^{a}	۱۲۲/۶۱^{a}	۸/۵۵*	۱۲۸/۳۴^{a}
تعداد انشعاب در بوته	TP	۶/۷۰^{a}	۶/۳۵^{ab}	۵/۲۱^{ns}	۶/۵۳^{a}
	PO	۶/۴۲^{a}	۵/۹۷^{b}	۶/۹۹^{ns}	۶/۲۰^{b}
	TO	۶/۵۴^{a}	۶/۴۵^{a}	۱/۳۶^{ns}	۶/۵۰^{a}
تعداد غوزه در بوته	TP	۱۵/۲۵^{b}	۶/۹۹^{b}	۵۴/۱۲^{ns}	۱۱/۱۲^{b}
	PO	۱۷/۰۹^{a}	۹/۱۵^{a}	۴۶/۴۶^{ns}	۱۳/۱۲^{a}
	TO	۱۵/۹۳^{ab}	۷/۳۳^{b}	۵۳/۹۷^{ns}	۱۱/۶۳^{b}
قطر غوزه (mm)	TP	۲۴/۰۷^{a}	۲۰/۳۵^{a}	۱۵/۴۴*	۲۲/۲۱^{a}
	PO	۲۲/۴۳^{b}	۱۹/۷۸^{b}	۱۱/۷۷*	۲۱/۱۱^{c}
	TO	۲۲/۸۳^{b}	۲۰/۳۶^{a}	۱۰/۷۸^{ns}	۲۱/۶۰^{b}
تعداد دانه در غوزه	TP	۳۰/۵۴^{a}	۲۰/۵۶^{a}	۳۲/۶۷*	۲۵/۶۴^{a}
	PO	۲۶/۸۲^{b}	۱۹/۸۲^{a}	۲۶/۰۹*	۲۳/۶۴^{b}
	TO	۲۶/۵۹^{b}	۱۹/۰۶^{a}	۲۸/۳۱*	۲۲/۹۲^{b}
وزن صد دانه (g)	TP	۳/۲۶^{b}	۲/۶۶^{b}	۱۸/۴۰*	۲/۹۶^{b}
	PO	۳/۲۳^{b}	۲/۵۲^{b}	۲۱/۹۸*	۲/۸۷^{b}
	TO	۳/۴۳^{a}	۲/۹۵^{a}	۱۴/۸۶^{ns}	۳/۱۹^{a}
درصد روغن	TP	۳۰/۱۷^{a}	۲۸/۱۵^{a}	۶/۶۹**	۲۹/۱۶^{a}
	PO	۲۹/۸۷^{a}	۲۹/۸۷^{a}	۰۰/۰^{ns}	۲۹/۸۴^{a}
	TO	۲۹/۹۶^{a}	۲۸/۵۲^{a}	۴/۸۰^{ns}	۲۹/۲۵^{a}
عملکرد دانه (gm^{-2})	TP	۳۲۸/۵۵^{a}	۹۱/۱۶^{a}	۷۲/۲۵*	۲۰۹/۸۶^{a}
	PO	۳۰۴/۸۳^{ab}	۱۰۱/۷۸^{a}	۶۶/۶۱*	۲۰۳/۳۱^{a}
	TO	۲۹۱/۲۸^{b}	۱۰۲/۶۵^{a}	۶۴/۷۶*	۱۹۶/۹۷^{a}
عملکرد روغن (gm^{-2})	TP	۹۸/۷۵^{a}	۲۵/۸۶^{a}	۷۳/۸۱*	۶۳/۱۷^{a}
	PO	۹۱/۶۰^{ab}	۲۸/۶۶^{a}	۶۸/۷۱*	۶۱/۲۷^{a}
	TO	۸۷/۵۸^{b}	۲۹/۳۹^{a}	۶۶/۴۴*	۵۹/۴۹^{a}

در هر ستون و برای هر صفت میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند برمبنای آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

†تلاقی‌ها: TP: *C. tinctorius* × *C. palaestinus*، PO: *C. palaestinus* × *C. oxyacanthus*، TO: *C. tinctorius* × *C. oxyacanthus*

تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شود صفتی مطلوب برای ارقام زراعی گلرنگ به‌حساب می‌آید (۱۸). لذا انتخاب در بین نتاج تلاقی TP می‌تواند منجر به ایجاد ژنوتیپ‌های با دوره رسیدگی کوتاه‌تر شود. پتانسیل عملکرد دانه گلرنگ به تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه و وزن هزار دانه بستگی دارد و تنش خشکی عملکرد گلرنگ را به‌دلیل کاهش این اجزا کاهش می‌دهد (۳). در شرایط تنش هر سه جمعیت پتانسیل خوبی برای تحمل به خشکی (به دلیل عدم تفاوت معنی‌دار بین سه جمعیت در محیط تنش) نشان دادند و می‌توان از نتاج آنها برای ایجاد لاین استفاده کرد. با این حال به این نکته نیز باید توجه داشت که نتاج جمعیت PO بعلت تلاقی دو والد وحشی ویژگی‌های ظاهری نامطلوب (مانند خارداری و قطر غوزه



شکل ۱. بای‌پلات عملکرد دانه در محیط نرمال در مقابل عملکرد دانه در محیط تنش برای نسل F5 در سه جمعیت تلاقی بین‌گونه‌ای گلرنگ، تلاقی‌ها: TP: *C. tinctorius*× *C. palaestinus*، PO: *C. palaestinus*× *C. oxyacanthus*، TO: *C. tinctorius*× *C. oxyacanthus*. گونه‌های والدینی: T: *C. tinctorius*, P: *C. palaestinus*, O: *C. oxyacanthus*

کوچک و...) بیشتری نسبت به دو جمعیت دیگر نشان می‌دهند، لذا استفاده مستقیم از نتاج این جمعیت ممکن است مطلوب نباشد و می‌توان از نتاج آن به‌صورت غیرمستقیم و در تلاقی با ژنوتیپ‌های دیگر استفاده کرد. لذا با اصلاح به روش گام به گام می‌توان از ویژگی‌های مطلوب هر تلاقی برای ایجاد لاین خالص بهره برد.

بای‌پلات عملکرد دانه در محیط نرمال در مقابل عملکرد دانه در محیط تنش برای نسل F5 به‌عنوان نسل با درصد خلوص بیشتر برای تعیین بهترین ژنوتیپ‌ها در هر جمعیت ترسیم شد و متوسط هر محیط با خطوط قرمز روی هر کدام از نمودارها مشخص شد (شکل ۱). در جمعیت TP ژنوتیپ‌های ۵، ۱۶، ۱۲، ۵۴، ۱۴، ۴۸، ۲۱، ۳۳، ۳۸، ۵۰ و ۵۵ دارای عملکرد دانه بیشتر از

متوسط جمعیت در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی بودند. در جمعیت PO ژنوتیپ‌های ۹۵، ۸۱، ۶۸، ۷۴، ۱۰۸، ۹۲، ۶۹، ۱۱۵، ۱۱۲ و ۱۲۴ دارای عملکرد دانه بیشتر از متوسط جمعیت در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی بودند. در جمعیت TO ژنوتیپ‌های ۱۴۶، ۱۷۸، ۱۳۱، ۱۸۷، ۱۷۳، ۱۳۶، ۱۵۷و ۱۳۹ دارای عملکرد دانه بیشتر از متوسط جمعیت در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی بودند. این نتایج نشان می‌دهد که می‌توان از این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان ژنوتیپ‌های اصلاحی برای پیشبرد برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج نشان داد که تنوع ژنتیکی بالایی در بین و درون جمعیت‌های بین‌گونه‌ای وجود داشت که نشان می‌دهد که گونه‌های والدینی مورد بررسی فرصت مناسبی را برای خلق ترکیبات ژنی جدید فراهم کرده و احتمال تولید یک ژنوتیپ منحصر به فرد، به تناسب والدین با تعداد ژن‌های مختلف افزایش یافته است. در شرایط نرمال تلاقی گونه اهلی با *C. palaestinus* بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد و از نظر سایر صفات زراعی نیز جمعیت برتری نسبت به دو جمعیت دیگر بود. این برتری نشان از پتانسیل بالای هر دو والد آن دارد و همچنین می‌تواند تأییدی بر شباهت بیشتر والد *C. palaestinus* به گلرنگ زراعی باشد. در شرایط خشکی هر سه جمعیت پتانسیل خوبی برای تحمل به خشکی نشان دادند که نشان‌دهنده وجود ژن‌های مقاومت در دو والد وحشی این تلاقی‌ها است. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که با انتخاب نتاج تفکیک متجاوز در این تلاقی‌ها برای ایجاد لاین‌های اصلاحی و مطالعات ژنتیکی می‌توان در جهت پیشرفت برنامه‌های اصلاحی در این گیاه بهره گرفت.

منابع مورد استفاده

1. Able, G. H. and M. F. Driscoll. 1976. Sequential trait development and breeding for high yield in safflower. *Crop Science* 16: 213-216.
2. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raesand and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. *Irrigation and Drainage* 300: 7-136.
3. Ashri, A. 1975. Evaluation of the germplasm collection of safflower *Carthamus tinctorius* L. Distribution and regional divergence for morphological characters. *Euphytica* 24: 651-659.
4. Chapman, M. A. and J. M. Burke. 2007. DNA sequence diversity and the origin of cultivated safflower (*Carthamus tinctorius* L.; Asteraceae). *BMC Plant Biology* 7:60.
5. Dwevdi, K. K. and M. Gaibriyal. 2009. Assessment of genetic diversity of cultivated chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Asian Journal of Agriculture science* 1: 7-8.
6. FAO. 2013. FAOSTAT Database. Available online at: http://faostat.fao.org.
7. Farast, M., N. Sajedi and M. Mirzakhani. 2012. Investigation of drought stress on yield and yield components of spring canola, *Iran Agricultural Researches* 10: 346-352. (In Farsi)
8. Farokhinia, M., M. Roshdi, B. Pasban Eslam and R. Sasandoost. 2011. Study of some physiological traits and yield in spring safflower under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crop Science* 3: 545-555. (In Farsi).
9. Hajjar, R. and T. Hodgkin. 2007. The use of wild relatives in crop improvement: A survey of developments over the last 20 years. *Euphytica* 156: 1-13.
10. Heaton, T. C. and J. M. Klisaewicz. 1981. A disease-resistant safflower alloploid from *Carthamus tinctorius* L. × *C. lanatus* L. *Canadian Journal of Plant Science* 61: 219-224.
11. Khajepour, M. R. 2005. Production of industrial plants. Isfahan University of Technology Publication Center. (In Farsi).
12. Koutroubas, S. D., D .K. Papakosta and A. Dotisinis. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of per-anthesis assimilation to safflower yield. *Field Crop Research* 90: 244-263.
13. Majidi, M. M., V. Tavakoli, A. F. Mirlohi and M. R. Sabzalian. 2011. Wild Safflower species (*Carthamus oxyacanthus* Bieb.): A possible source of drought tolerance for arid environments. *Australian Journal of Crop Science* 5: 1055-1063.
14. Majidi M. M. and S. Zadhoush. 2014. Molecular and morphological variation in a world-wide collection of

safflower. *Crop Science* 54: 2109-2119.
15. Maleki Nejad, R. and M. M. Majidi. 2015. Evaluation of Iranian and foreign safflower germplasm under normal and drought stress conditions. *Journal of Crop Breeding* 15: 1-13. (In Farsi).
16. Mudel, H. R., J. Morrison, R. E. Blackshow, T. Ents, B. T. Roth, R. Giudiel and F. Keihn. 1994. Seeding-date effects on yield, quality and maturity of safflower. *Canadian Journal of Plant Science* 74: 261-266.
17. Pearl, S. A., and J. M. Burke. 2014. Genetic diversity in *Carthamus tinctorius* (Asteraceae; safflower), an underutilized oilseed crop. *American Journal of Botany* 101: 1640-1650.
18. Poehlman, J. M. and D. A. Sleper. 1995. Breeding Field Crops. Iowa state University Press, USA.
19. Rapson, S., M. Wu, S. Okada, A. Das, P. Shrestha, X. R. Zhou, C. Wood, A. Green, S. Singh and Q. Liu. 2015. A Case study on the genetic origin of the high oleic acid trait through FAD2-1 DNA sequence variation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Frontiers in Plant Science* 6: 691-699.
20. Rao, V. R. and T. Hodgkin. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 68: 1-19.
21. Sabzalian, M. R., A. Mirlohi, G. Saeidi and M. T. Rabbani. 2009. Genetic variation among population of wild Safflower, *Carthamus oxyacanthus* analyzed by agro-morphological trait and ISSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* 56: 1057-1064.
22. Saeidi, G., H. Toofi, and A. F. Mirlohi. 2004. Genetic variation and relationships among characteristics in some safflower land races of Iran. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 15: 107-117. (In Farsi).
23. Shiravand, R. and M. M. Majidi. 2013. Trait relationships in five species of *Carthamus* under normal and deficit irrigation. *Journal of Crop production and processing* 3:149-163. (In Farsi).
24. Singh, V. and N. Nimbkar. 2007. Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement series. PP. 167-194, *In*: R. J. Singh (Eds.), Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). CRC Press, London.
25. Sujatha, M. and A. G. Prabakaran. 2006. Ploidy manipulation and introgression of resistance to *alternaria Helianti* from wild hexaploid *Heliantus* species to caltivate Sunflower (*H. annus* L.) aided by anther calture. *Euphytica* 152: 201-215.
26. Yari, P., A. H. Keshtkar and A. Sepehri. 2014. Evaluation of water stress effect on growth and yield of spring safflower. *Plant Production and Technologies* 4: 101-117
27. Zareie, S., G. Mohammadi-Nejad and S. Sardouie-Nasab. 2013. Screening of Iranian safflower genotypes under water deficit and normal conditions using tolerance indices. *Australian Journal of Crop Science* 7: 1032-1037.
28. Zeynali, A. 1999. Safflower. 1 St Reprint. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 10, No. 4, Winter 2021, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Evaluation of Agronomic Traits and Drought Tolerance of Safflower Lines Derived from Three Inter-Specific Crosses

S. Espanani[1], M. M. Majidi[2*], Gh. Saeidi[2], H. Alaei[3] and V. Rezaei[3]

(Received: July 23-2019; Accepted: January 14-2020)

Abstract

Due to genetic erosion over evolution events, the genetic diversity of domesticated safflower species for drought tolerance is limited. Wild species has been considered as useful genetic resources for improvement of abiotic stress tolerance. In this study, a cultivated species (*C. tinctorius*) was crossed by two wild species (*C. palaestinus* and *C. oxyacanthus*) and the genotypes were purified until advanced generations. Then, 159 safflower recombinant lines derived from three inter-specific hybridizations were investigated during two years in terms of agronomical traits and drought tolerance at the research farm of Isfahan University of Technology. The results showed that there was considerable genetic variation in most of the agronomic and seed yield related traits among parental species and also between and within three crosses. The *C. palaestinus* and *C. tinctorius* had the highest value for seed yield under both normal and drought conditions. Under normal condition, the population derived from hybridization of cultivated species with *C. palaestinus* showed the highest seed yield and other agronomic traits. Therefore this population was superior relative to other populations. Under stress conditions, all three populations showed a potential for drought tolerance due to the inheritance of the resistance from two wild parents. In each of the three populations, transgressive segregants were identified for drought stress tolerance. Finally, the results revealed that the progenies of these crosses could be used to improve the seed and oil yield to promote this plant in arid regions.

Keywords: Inter-specific hybridization; Drought stress; Seed yield; Safflower

1, 2 and 3.PhD Student, Professors and MSc. Graduates, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: majidi@iut.ac.ir