"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیستم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۷

ارزیابی بازده ژنتیکی در تلاقی‌های بین‌گونه‌ای جنس *Carthamus* با استفاده از شاخص تحمل تنش خشکی و گزینش تک بوته

Assessment of genetic gain in interspecific crosses of *Carthamus* genus using drought stress tolerance index combined with single plant selection

فریبا شفیعی کویج[۱]، آقافخر میرلوحی[۲]، محمد مهدی مجیدی[۳]، قدرت اله سعیدی[۴]، محمدبادپر[۵] و قاسم ویسی[۶]

چکیده

شفیعی کویج، ف.، آ. میرلوحی، م. م. مجیدی، ق. سعیدی، م. بادپر و ق. ویسی. ۱۳۹۷. ارزیابی بازده ژنتیکی در تلاقی‌های بین‌گونه‌ای جنس *Carthamus* با استفاده از شاخص تحمل تنش خشکی و گزینش تک بوته. **مجله علوم زراعی ایران.** ۲۰(٤): ۳۱٤-۳۰۳.

گونه‌های وحشی گلرنگ منابع مهمی از نظر دارا بودن ژن‌های مطلوب برای بهبود بسیاری از صفات مهم گلرنگ زراعی مانند افزایش تحمل خشکی، شوری و عملکرد محسوب می‌شوند. به همین جهت برای دستیابی به بازده ژنتیکی بالا در نسل‌های بعد، خویشاوندان وحشی تلاقی‌پذیر با گونه اهلی گلرنگ از اهمیت خاصی برخوردار هستند. در آزمایش حاضر سه گونه *C. tinctorius, C. palaestinus* و *C. oxyacanthus* با یکدیگر تلاقی داده شده و سه جمعیت در حال تفرق از آنها بدست آمد. ترکیب روش گزینش تک بوته (Single plant selection; SPS) و شاخص تحمل تنش (Stress tolerance index; STI) برای هر سه جمعیت مورد مطالعه در نسل‌های F4 و F5 انجام شد و بازده ژنتیکی برای تمامی صفات مورد ارزیابی از جمله عملکرد دانه در هر دو محیط تنش خشکی و بدون تنش بدست آمد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌ها از گروه‌های A و D در نسل F4، دقیقا در همان گروه‌های A و D نمودار سه بعدی نسل F5 قرار گرفتند که نشان دهنده کارایی بالای گزینش می‌باشد. پاسخ به گزینش در جمعیت‌های حاصل از تلاقی بین گونه‌ای در محیط‌های تنش و بدون تنش معیارهای مناسبی را برای بهبود عملکرد دانه مشخص کرد. مقادیر بالای پاسخ به گزینش به همراه برآورد بالایی از وراثت پذیری عمومی برای چندین صفت، نشان دهنده مشارکت بیشتر تنوع ژنتیکی نسبت به عوامل محیطی بود. نتایج نشان داد که تعداد دانه در طبق، قطر طبق، وزن طبق، وزن صد دانه و تعداد انشعابات جانبی با دارا بودن وراثت پذیری خصوصی بالا در شرایط تنش خشکی می‌توانند به عنوان صفات مهم و کلیدی در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ مورد استفاده قرار گیرند. بر اساس نتایج این آزمایش، ترکیب STI با SPS در شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در نسل‌های در حال تفرق تلاقی‌های بین گونه‌ای گلرنگ در محیط‌های تنش خشکی و بدون تنش مناسب است.

واژه‌های کلیدی: پاسخ به گزینش، تلاقی بین‌گونه‌ای، تنش خشکی، گلرنگ و وراثت پذیری.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان. (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: mirlohi@cc.iut.ac.ir)
۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
۴- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
۵- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
۶- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

مقدمه

محدودیت تنوع ژنتیکی در گیاهان زراعی می‌تواند اثر منفی جدی بر پیشرفت ژنتیکی و بازده ژنتیکی مورد انتظار برای تحمل تنش‌های محیطی در برنامه‌های اصلاحی داشته باشد. خویشاوندان نزدیک گیاهان اهلی منابع ژنی مناسبی برای گسترش تنوع ژنتیکی و افزایش پتانسیل برای بهبود ژنتیکی محسوب می‌شوند. گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius*) می‌تواند با دو گونه وحشی *C. palaestinus* و *C. oxyacanthus* به راحتی تلاقی یافته و نتاج بارور تولید کند (Ashri and Knowles, 1960). سبزعلیان و همکاران (Sabzalian *et al*., 2009) گزارش نمودند که گونه وحشی گلرنگ *C. oxyacanthus* منبع ژنتیکی مهمی برای انتقال ژن‌های تحمل تنش‌های زیستی و غیر زیستی به گلرنگ اهلی می‌باشد. مجیدی و همکاران (Majidi *et al*., 2011) گزارش کردند که گونه وحشی (*C. oxyacanthus*) نوعی پایداری عمومی در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد. مصطفائی و همکاران (Mostafaie *et al*., 2014) در ارزیابی ۴۱ فامیل F_3 حاصل از دورگ گیری بین گونه اهلی *C. tinctorius* با گونه وحشی *C. oxyacanthus* برای صفات مهم زراعی در شرایط تنش خشکی و بدون تنش گزارش کردند که میزان کاهش اکثر صفات، به ویژه صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه تک بوته در اثر تنش خشکی در والد وحشی کمتر از والد اهلی بود که نشان دهنده تحمل بالاتر والد وحشی به خشکی بود.

گزینش ژنوتیپ‌های برتر در جمعیت‌های در حال تفرق احتمالا مهم‌ترین عامل در جهت بهبود ژنتیکی گیاهان زراعی می‌باشد. روش‌های گزینش بعد از دورگ‌گیری، گوناگون و متنوع هستند. در روش‌های اصلاحی شجره‌ای انتخاب تک بوته در نسل F_2 شروع می شود. عیب عمده روش شجره‌ای مشکل بودن یا وقت گیر بودن آن است، چون در روش شجره‌ای تعداد لاین‌ها در هر نسل گزینش افزایش می یابد و باید شجره افراد انتخابی همه ساله، از نسل F_2 تا F_7 ، به طور دقیق یاداشت و نگهداری شوند. معایب روش گزینش شجره‌ای را می توان از طریق تغییراتی در این روش تعدیل کرد. گاهی جهت ارزیابی‌های بهتر و افزایش کارایی گزینش، به جای انتخاب تک بوته‌ها در نسل F_2، انتخاب از نسل F_3 آغاز می‌شود. کنات (Knott, 1972) اظهار نمود که بدون شک، گزینش در نسل F_2 برای بسیاری از صفات با وراثت‌پذیری بالا از قبیل مقاومت به بیماری‌ها و رسیدگی ضروری است. با این وجود، در مورد صفاتی از جمله عملکرد، به لحاظ عملی تنها در کرت‌هایی که تکراردار کشت شده باشند، می‌توان ارزیابی انجام داد که معمولا نسل‌های پیشرفته تر از F_2 می‌باشند. با انتخاب تنها بهترین تک بوته از بین لاین‌های انتخابی می‌توان به مشکل افزایش تعداد لاین در هر نسل گزینش شجره‌ای غلبه کرده و ارزیابی‌ها با دقت بیشتری صورت گیرد. از طرف دیگر، اصلاح و بهبود ژنتیکی گیاهان برای تحمل به تنش خشکی مستلزم بهره برداری از حداکثر تنوع ژنتیکی است (Xoconostle-Cazares *et al*., 2011). مقایسه نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و محیط‌های مطلوب یک روش متداول برای شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب در شرایط دیم می‌باشد (Nouri *et al.,* 2011). به دلیل وراثت پذیری پایین برای عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، گزینش مستقیم اغلب دشوار است، بنابراین برای گزینش لاین‌های متحمل با عملکرد بالا نیاز به شناسایی صفاتی است که همبستگی بالایی با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی داشته باشند (Ziyomo and Bernardo 2013).

تحقیقات متعددی برای ارزیابی عملکرد دانه گیاهان زراعی در شرایط تنش خشکی انجام شده و به همین منظور فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص تحمل تنش (Stress Tolerance Index; STI) را پیشنهاد داد. مقدار بالاتر شاخص STI برای یک ژنوتیپ نشان دهنده تحمل بالاتر به تنش و عملکرد بالقوه بیشتر آن ژنوتیپ است. براساس روش فرناندز ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر توان عملکرد و تحمل تنش به چهار گروه A (ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند)، B (ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط بدون تنش عملکرد بالایی دارند)، C (ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش عملکرد بالایی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

دارند)، D (ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد پایینی دارند)، تفکیک می‌شوند. براساس شاخص‌های تحمل خشکی (MP، GMP و STI)، گونه *C. palaestinus* و پس از آن گونه زراعی *C. tinctorius*، بیشترین تحمل به تنش خشکی را دارند (Shiravand *et al.*, 2014). در بین شاخص‌های تحمل تنش خشکی، کارایی بالای شاخص STI در شناسایی ارقام متحمل به تنش و دارای عملکرد بالا در گلرنگ (Majidi *et al.*, 2011; Pourdad, 2008; Safavi *et al.*, 2013)، سویا (Yan and Rajcan, 2002; Kargar *et al.*, 2014) و کلزا (Yarnia *et al.*, 2011) گزارش شده است.

در پژوهش حاضر، ترکیب روش گزینش تک بوته (Single Plant Selection; SPS) با شاخص تحمل تنش(Stress Tolerance Index; STI) جهت افزایش کارایی انتخاب در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ مورد ارزیابی قرار گرفته است. اهداف پژوهش حاضر آزمون کارایی ترکیب روش گزینش تک بوته با شاخص تحمل تنش خشکی (STI) در طی نسل‌های F_4 و F_5 تلاقی‌های بین گونه‌ای گلرنگ و همچنین شناسایی صفات مهم و کلیدی خاص هریک از جمعیت‌های مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی مورد استفاده در این پژوهش، یک گونه اهلی و دو گونه وحشی از جنس *Carthamus* بودند. گونه اهلی *C. tinctorius* یک رقم ایرانی به نام گلدشت بود و دو گونه وحشی شامل لاین PI23566 (*C. palaestinus*) از بانک ژن امریکا (USDA) و یک ژنوتیپ *C. oxyacanthus* ایرانی بودند. رقم گلدشت یک رقم اصلاح شده برای زراعت آبی است و بر اساس پژوهش قبلی که در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان مورد بررسی قرار گرفته بود، حساس به تنش خشکی شناخته شد (Shiravand *et al.*, 2012)، بنابراین استفاده از این رقم در تلاقی‌ها با هدف امکان انتقال ژن‌های تحمل خشکی از والدین وحشی به این والد حساس زراعی صورت گرفت. تلاقی بین سه گونه گلرنگ در سال ۱۳۹۰ در مزرعه انجام شد که از تلاقی گونه‌های *C. palaestinus* × *C. tinctorius* (PT) ۴۰ لاین، از تلاقی گونه‌های *C. tinctorius* × *C. oxyacanthus* (TO) ۱۰ لاین و از تلاقی گونه‌های *C. palaestinus* ×*C. oxyacanthus* (OP) ۲۳ لاین بدست آمدند. در همان سال بذور F_2 از خودگشنی بوته‌های F_1 حاصل شدند. بذور F_2 هر تک بوته در هر جمعیت حاصل از تلاقی بین گونه‌ای به طور جداگانه برداشت و به نسل F_3 برده شدند و در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ به صورت لاین در یک خط در مزرعه کشت شدند. از هر لاین، بهترین تک بوته براساس ارزش فنوتیپی انتخاب و از این تک بوته سه طبق برای پیشبرد به نسل F_4 برداشت شدند. گزینش تک بوته (SPS) در نسل F_3 به صورت ظاهری و براساس صفاتی بود که در مطالعات قبلی همبستگی بالایی با عملکرد دانه نشان داده و دارای وراثت پذیری عمومی بالایی نیز بودند. این صفات شامل تعداد طبق در بوته (Rafeie and Saeidi, 2005; Majidi *et al.*, 2011)، قطر طبق (Anjani, 2000)، تعداد انشعابات اصلی و ارتفاع بوته (Rafeie and Saeidi, 2005) بودند که به عنوان شاخص‌های گزینش در نظر گرفته شدند. در مجموع ۷۳ لاین با استفاده از روش SPS از سه جمعیت بدست آمد.

برای ارزیابی در نسل F_4، بذور ۷۳ لاین حاصل از روش SPS به همراه والدین در دو محیط بدون تنش (۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک) و تنش خشکی (۹۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار به طور جداگانه اجرا شد. هر ژنوتیپ در دو ردیف ۱۱۰ سانتی‌متری و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر کشت شد. در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲، ارزیابی سه جمعیت در حال تفرق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد که در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی واقع شده است، انجام شد. ارتفاع

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

مزرعه از سطح دریا ۱۶۳۰ متر و متوسط بارندگی و درجه حرارت منطقه به ترتیب ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴ درجه سانتی‌گراد است. در این پژوهش کلیه کرت‌ها تا ۵۰ درصد مرحله تکمه‌دهی از نظر آبیاری و اعمال مدیریت‌های زراعی به صورت یکسان اداره شدند. مقدار تبخیر- تعرق گلرنگ طی دوره رشد با استفاده از داده‌های هواشناسی، رابطه فائو- پنمن- مانتیث و ضریب گیاهی گلرنگ برای مراحل مختلف رشد (Allen *et al*., 1998) محاسبه شد. عمق آب آبیاری برای تیمارهای آبی در یک دور آبیاری ثابت در نظر گرفته شده و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$D_{irrig} = (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \times Zroot \times MAD \quad \text{(رابطه ۱)}$$

D_{irrig}: عمق آب آبیاری، θ_{fc}: رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)، θ_{pwp}: رطوبت حجمی خاک در حد پژمردگی دائم (درصد)، Zroot: عمق فعال توسعه ریشه (سانتیمتر) و MAD: ضریب مدیریت مزرعه برای محیط بدون تنش ۵۰ درصد و تنش خشکی ۹۰ درصد بودند. زمان آبیاری تیمارها با استفاده از مقدار تبخیر- تعرق گلرنگ (ET_C) تعیین شد. راندمان آبیاری (Ea) ۸۵ درصد در نظر گرفته شد، بنابراین عمق آب آبیاری (I_{dg}) عبارت بود از:

$$I_{dg} = D_{irrig} / Ea \quad \text{(رابطه ۲)}$$

برای محاسبه حجم آب در هر نوبت آبیاری، عمق ناخالص آبیاری در سطح کرت ضرب می‌شود. برای آبیاری از سیستم آبیاری قطره‌ای- نواری (T-Tape) استفاده شد. حجم آب با استفاده از کنتور حجمی که روی سیستم آبیاری قطره‌ای نصب شده بود، کنترل گردید. از زمان شروع تیمار تنش، در شرایط بدون تنش ۱۴ بار (حدود ۵۰۰ میلی‌متر) و در شرایط تنش هفت بار (حدود ۲۴۰ میلی‌متر) آبیاری انجام شد.

برای ارزیابی نحوه پیشبرد لاین‌های انتخاب شده در نسل F_5، نمودار سه بعدی بر مبنای شاخص تحمل تنش (STI) برای هر سه جمعیت در حال تفرق ترسیم شد و ژنوتیپ‌هایی که در قسمت A نمودار سه بعدی قرارگرفتند، شناسایی شده و بهترین تک بوته در هر یک از لاین‌های منتخب تعیین گردید. بعلاوه جهت اطمینان از کارایی ترکیب روش گزینش تک بوته با شاخص تحمل تنش خشکی، ژنوتیپ‌های واقع در قسمت D که کمترین عملکرد را در هر دو محیط دارا بودند، انتخاب شدند. از تلاقی PT ۱۵ لاین از گروه A و سه لاین از گروه D، از تلاقی TO پنج لاین از گروه A و دو لاین از گروه D و از تلاقی OP هشت لاین از گروه A و دو لاین از گروه D انتخاب شدند. در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، بذور بهترین تک بوته‌ها از هر دو گروه A و D در نسل F_5 به همراه والدین در دو محیط تنش و بدون تنش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار کشت و ارزیابی‌های مزرعه‌ای در طول فصل زراعی اجرا شد. هر ژنوتیپ در دو ردیف ۱۱۰ سانتی‌متری و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر کشت شد.

تجزیه واریانس برای کلیه صفات مورد ارزیابی در دو محیط تنش و بدون تنش و در دو نسل F_4 و F_5 با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2008) انجام گرفت. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش با استفاده از نرم‌افزار Statgraphics (Statgraphics Centurion X, 2013) محاسبه شدند. وراثت پذیری عمومی روی میانگین ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش با استفاده رابطه (۳) برآورد شد (Burton and Devane, 1953):

$$H_b^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \left(\frac{\sigma_e^2}{R}\right)} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

σ^2_g و σ^2_e: به‌ترتیب واریانس محیطی و ژنوتیپی می‌باشند.

ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی برای کلیه صفات مورد ارزیابی در دو محیط تنش و بدون تنش در دو نسل F_4 و F_5 با استفاده از رابطه‌های (۴) و (۵) محاسبه شدند:

$$PCV = \frac{\sigma_p}{\bar{X}} \times 100 \quad \text{(رابطه ۴)}$$

$$GCV = \frac{\sigma_g}{\bar{X}} \times 100 \quad \text{(رابطه ۵)}$$

σ_P و σ_g به‌ترتیب جذر واریانس فنوتیپی و ژنوتیپی می‌باشند.

وراثت پذیری خصوصی بر مبنای رگرسیون والد – نتاج طبق رابطه (۶) برآورد گردید

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

(Smith and Kinman, 1965)، به طوریکه بهترین تک بوته از ژنوتیپ‌های انتخاب شده بر مبنای شاخص STI در گروه A در نسل F_4 به عنوان والد و میانگین پلات ژنوتیپ‌های انتخاب شده در نسل F_5 به عنوان نتاج در نظر گرفته شدند.

$$H_n^2 = \frac{b_{F5,F4}}{2 \times r_{F5,F4}}$$ (رابطه ۶)

$r_{F5\text{-}F4}$: ضریب خویشاوندی در گیاهان خود گرده افشان در نسل F_5-F_4 برابر با ۰/۹۳ می‌باشد.

شاخص تحمل تنش (STI) برای هر جمیعت از رابطه زیر محاسبه شد (Fernandez, 1992):

$$STI = \frac{(Y_{si} \times Y_{pi})}{(Y_{mp})^2}$$ (رابطه ۷)

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که بین دو نسل F_4 و F_5 تفاوت معنی‌داری برای کلیه صفات مورد مطالعه، به جز تعداد طبق در بوته، در هر دو شرایط تنش و بدون تنش وجود داشت. نتایج مقایسات گروهی اورتوگونال نشان داد که هر سه جمعیت مورد بررسی در نسل F_4 و F_5 برای صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق و قطر طبق تفاوت معنی‌داری داشتند. تفاوت معنی‌دار بین و درون جمعیت‌های حاصل از تلاقی بین گونه‌ای برای اکثر صفات مورد ارزیابی در دو محیط تنش و بدون تنش در نسل F_4 نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در این نسل بود. در نسل F_5 نیز تفاوت معنی‌داری بین و درون جمعیت‌ها در محیط بدون تنش برای برخی صفات و در محیط تنش برای اکثر صفات مورد ارزیابی مشاهده شد. وراثت پذیری عمومی برآورده شده روی میانگین جمعیت‌های حاصل از تلاقی بین گونه‌ای در هر دو محیط تنش و بدون تنش در نسل F_4 و F_5 در جدول ۱ ارائه شده است. وراثت پذیری عمومی برای صفات مورد ارزیابی متوسط تا بالا برآورد شد، بدین ترتیب که صفات وزن طبق (۹۶ درصد)، تعداد دانه در طبق (۹۶ درصد) و قطر طبق (۹۱ درصد) در شرایط بدون تنش و تعداد دانه در طبق (۹۱ درصد) و قطر طبق (۹۰ درصد) در شرایط تنش خشکی، بیشترین برآورد وراثت پذیری عمومی در نسل F_4 را دارا بودند. فهر (Fehr, 1987) اظهار داشته است که وراثت پذیری بالای یک صفت نشان دهنده سهم بیشتر عوامل ژنتیکی نسبت به عوامل محیطی می‌باشد. در گلرنگ وراثت پذیری عمومی بالایی برای قطر طبق (Akbar and Kamran, 2006) و تعداد دانه در طبق (Mirzahashemi *et al*., 2014) گزارش شده است. بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی در نسل F_4 متعلق به تعداد دانه در طبق (به‌ترتیب ۴۱/۱۰ و ۴۰/۲۴ درصد در شرایط بدون تنش و ۴۱/۵۷ و ۳۹/۷۴ درصد در شرایط تنش) بود. در نسل F_5، بیشترین برآورد وراثت پذیری عمومی را صفت تعداد طبق در بوته (۹۶ درصد) و (۹۴ درصد) به‌ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش خشکی داشت که نشان دهنده کمتر بودن واریانس محیطی در این صفت است. بعلاوه صفت تعداد طبق در بوته بیشترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی را در بین صفات مورد ارزیابی داشت. به طور کلی، ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی در نسل F_4 نسبت به نسل F_5 برای کلیه صفات مورد مطالعه بیشتر بود که نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در نسل F_4 برای گزینش می‌باشد (جدول ۱). وراثت پذیری خصوصی نشان دهنده درجه شباهت بین والد و نتاج است که به صورت نسبت واریانس افزایشی به واریانس فنوتیپی برآورد می‌شود (Allen, 1960). مقادیر وراثت پذیری خصوصی برآورد شده در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش برای اکثر صفات مورد مطالعه پایین‌تر بود (جدول ۲). صفت تعداد دانه در طبق در هر دو محیط تنش و بدون تنش وراثت پذیری خصوصی بالایی داشت که میرزاهاشمی و همکاران (Mirzahashemi *et al*., 2014) نیز به نقش واریانس افزایشی در این صفت اشاره کرده‌اند. وراثت پذیری خصوصی بالایی برای صفات قطر طبق (۳۱ درصد)، وزن غوزه (۳۶ درصد)، وزن صد دانه (۳۵ درصد) و تعداد انشعابات جانبی (۳۵ درصد) در شرایط تنش برآورد شد، بنابراین صفات مذکور می‌توانند به عنوان صفات کلیدی در بهبود عملکرد دانه گلرنگ در شرایط تنش خشکی در نظر گرفته شوند.

با در نظر گرفتن شاخص تحمل تنش

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

(Stress tolerance index - STI)، در نسل F_4، شاخص تحمل تنش (STI) با استفاده از داده‌های مربوط به عملکرد دانه در دو محیط تنش و بدون تنش برای هر یک از جمعیت‌های حاصل از تلاقی بین گونه‌ای محاسبه شد. شاخص STI قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های چهار گروه A، B، C و D از یکدیگر بودند. علاوه بر این، ثابت شده است که شاخص STI برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با پتانسیل عملکرد بالا، کارایی دارد (Kargar *et al.,* 2014; Pourdad, 2008; Yan and Rajcan, 2008; Safavi *et al.,* 2013). از این رو در پژوهش حاضر، نمودارهای سه بعدی بر مبنای مقادیر شاخص STI برای هر سه جمعیت ترسیم شدند (شکل ۱)، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا از گروه A و ژنوتیپ‌هایی که عملکرد دانه پایینی داشتند از گروه D انتخاب شده و بذور بهترین تک بوته از هر ژنوتیپ برای پیشبرد به نسل F_5 در مزرعه کشت شدند. کلیه ژنوتیپ‌های انتخاب شده از گروه‌های A و D در نسل F_4، دقیقا در همان گروه‌های A و D نمودار سه بعدی نسل F_5 قرار گرفتند (شکل ۱) که نشان دهنده کارایی بالای استفاده از شاخص STI در ترکیب با روش گزینش تک بوته می‌باشد.

در این آزمایش، موثر بودن ترکیب روش‌های گزینش تک بوته (SPS) با شاخص تحمل تنش (STI) برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با پتانسیل عملکرد بالا، با محاسبه پاسخ به گزینش به صورت درصدی از میانگین نسل F_4 ارزیابی شد. پاسخ به گزینش مشاهده شده برای صفات آگرو- مورفولوژیک مورد مطالعه در هر یک از جمعیت‌های حاصل از تلاقی بین گونه‌ای در هر دو محیط تنش و بدون تنش محاسبه گردید (جدول ۳). گزارش شده است که بازده ژنتیکی برای پیش بینی عملکرد نتاج حاصل از تلاقی به خصوص مهم می‌باشد (Parikh *et al.,* 2016). ترکیب روش گزینش تک بوته (SPS) با شاخص تحمل تنش (STI)، بازده ژنتیکی را برای کلیه صفات مورد ارزیابی در هر دو محیط تنش و بدون تنش را به همراه داشت. جمعیت‌های PT و TO عملکرد دانه بالاتری نسبت به جمعیت OP در هر تیمار آبی داشتند، در حالی که نتایج درصد بازده ژنتیکی نشان داد که جمعیت OP بالاترین مقادیر بازده ژنتیکی را در بین جمعیت‌ها داشت. احتمالا این موضوع به دلیل وجود تنوع بیشتر در نتاج حاصل از تلاقی دو والد وحشی *C. palaestinus* و *C. oxyacanthus* می‌باشد. در شرایط بدون تنش، جمعیت OP با ۴۴ درصد پاسخ به گزینش مشاهده شده نسبت به میانگین جامعه اولیه برای صفت عملکرد دانه، بیشترین پاسخ به گزینش را نسبت به دو جمعیت دیگر دارا بود. در بین صفات مورد ارزیابی، تعداد دانه در طبق (۷۲/۳۲ درصد)، وزن طبق (۴۱/۳۰ درصد) و قطر طبق (۲۴/۸۸ درصد) به‌ترتیب بیشترین تاثیر را در پاسخ به گزینش برای صفت عملکرد دانه داشتند. همچنین در شرایط تنش، بیشترین درصد پاسخ به گزینش برای جمعیت OP با ۹۴ درصد مشاهده شد (جدول ۳)، بنابراین با توجه به نتایج پاسخ به گزینش مشاهده شده در جمعیت‌های حاصل از تلاقی بین گونه‌ای برای صفات مورد ارزیابی، جمعیت OP بیشترین درصد پاسخ به گزینش را نسبت به میانگین نسل F_4 در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که به نظر می‌رسد صفات قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن طبق بیشترین تاثیر را در افزایش پاسخ به گزینش در این جمعیت داشته‌اند. بر این اساس شاید بتوان گفت که صفات مذکور احتمالا معیارهای خوبی برای دستیابی به بازده ژنتیکی در تلاقی *C. oxyacanthus* × *C. palaestinus*، به ویژه در نسل‌های اولیه گزینش باشند. در شرایط تنش خشکی، بالاترین مقدار بازده ژنتیکی برای صفت تعداد طبق در بوته در جمعیت TO حاصل از تلاقی *C. tinctorius* × *C. oxyacanthus* بدست آمد که این صفت می‌تواند معیار مفیدی برای بهبود ژنتیکی این جمعیت در نظر گرفته شود. در مورد جمعیت PT حاصل از تلاقی *C. tinctorius* × *C. palaestinus*، بازده ژنتیکی برای عملکرد دانه به اندازه دو جمعیت دیگر بالا نبود. به نظر می‌رسد که والد *C. oxyacanthus* احتمالا باعث تنوع بیشتری در نتاج حاصل از تلاقی بین گونه‌ای در مقایسه با دو والد دیگر می‌شود. با در نظر گرفتن بازده ژنتیکی در جمعیت‌های حاصل از تلاقی بین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

گونه‌ای جنس کارتاموس، ترکیب روش گزینش تک بوته (SPS) با شاخص تحمل تنش (STI) در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش و همچنین در شناسایی صفات مرتبط با عملکرد برای هرجمیعت، کارآمد بود.

جدول ۱- وراثت پذیری عمومی، ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی در نسل‌های F_4 و F_5 حاصل از تلاقی‌های بین گونه‌ای گلرنگ در دو محیط تنش خشکی و بدون تنش

Table 1. Broad-sense heritability (H^2b), phenotypic coefficients of variation (PCV), genotypic coefficients of variation (GCV) in F_4 and F_5 generations of interspecific crosses of *Carthamus* under non-stress and drought stress conditions

			بدون تنش Non- stress			تنش خشکی Drought stress		
Plant characteristics	صفات گیاهی	نسل‌های در حال تفرق	H^2b (%)	PCV (%)	GCV (%)	H^2b (%)	PCV (%)	GCV (%)
Number of head.plant^{-1}	تعداد طبق در بوته	F_4	87	33.18	30.94	73	34.04	29.17
		F_5	96	24.43	24.00	94	24.84	24.11
Had diameter (mm)	قطر طبق	F_4	91	18.29	18.01	90	16.17	15.34
		F_5	77	9.61	8.97	68	9.95	8.21
Head weight (g)	وزن طبق	F_4	96	30.47	29.00	77	29.75	26.17
		F_5	87	13.57	11.97	71	16.87	14.25
Number of seed.head^{-1}	تعدد دانه در طبق	F_4	96	41.10	40.24	91	41.57	39.74
		F_5	82	18.79	16.97	79	17.32	15.46
100 Seed weight (g)	وزن صد دانه	F_4	80	18.61	16.64	69	22.66	18.92
		F_5	88	14.27	13.45	69	13.86	11.57
Seed yield (g.m^{-2})	عملکرد دانه	F_4	86	36.10	33.53	60	37.34	29.02
		F_5	94	17.47	17.03	81	18.56	16.71
Number of branches.plant^{-1}	تعداد انشعابات جانبی	F_4	84	20.68	18.96	72	19.73	16.75
		F_5	91	14.53	13.97	87	14.10	13.22
Plant height (cm)	ارتفاع بوته	F_4	83	16.10	14.71	81	18.26	16.52
		F_5	76	7.63	6.68	50	11.36	8.03

جدول ۲- وراثت پذیری خصوصی بر مبنای رگرسیون والد- نتاج حاصل از تلاقی‌های بین گونه‌ای گلرنگ در دو محیط تنش خشکی و بدون تنش

Table 2. Narrow-sense heritability (H^2n) based on regression parent - progeny in interspecific crosses of *Carthamus* under non-stress and drought stress conditions

		بدون تنش Non- stress	تنش خشکی Drought stress
Plant characteristics	صفات گیاهی	H^2n (%)	H^2n (%)
Number of head.plant^{-1}	تعداد طبق در بوته	0.58	0.28
Head diameter (mm)	قطر طبق	0.32	0.31
Head weight (g)	وزن طبق	0.55	0.36
Number of seed.head^{-1}	تعداد دانه در طبق	0.47	0.38
100 Seed weight (g)	وزن صد دانه	0.32	0.35
Seed yield (g.m^{-2})	عملکرد دانه	0.31	0.25
Number of branches.plant^{-1}	تعداد انشعابات جانبی	0.44	0.35
Plant height (cm)	ارتفاع بوته	0.59	0.22

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

جدول۳- پاسخ به گزینش مشاهده شده نسبت به میانگین نسل‌های F_4 و F_5 حاصل از تلاقی‌های بین گونه‌ای گلرنگ در دو محیط تنش خشکی و بدون تنش

Table 3. Observed response to selection (%) as percent of mean for F_4 and F_5 generations of interspecific crosses of *Carthamus* under non-stress and drought stress conditions

			Non- stress بدون تنش			Drought stress تنش خشکی		
Plant characteristics	صفات گیاهی	جمعیت‌ها Populations	F_4 میانگین نسل Mean of F_4 generation	F_5 میانگین نسل Mean of F_5 generation	پاسخ به گزینش مشاهده شده Observed response to selection (%)	F_4 میانگین نسل Mean of F_4 generation	F_5 میانگین نسل Mean of F_5 generation	پاسخ به گزینش مشاهده شده Observed response to selection (%)
Number of head .plant^{-1}	تعداد طبق در بوته	PT†	34.60	35.11	1.47	24.74	25.52	3.15
		OP‡	54.67	55.54	1.59	35.35	35.92	1.61
		TO‡	46.53	47.20	1.44	25.16	28.32	12.56
Head diameter (mm)	قطر طبق	PT	23.80	24.85	4.42	21.97	23.03	4.82
		OP	16.96	21.18	24.88	16.62	20.33	22.32
		TO	22.51	23.48	4.31	20.64	23.00	11.43
Head weight (g)	وزن طبق	PT	2.37	2.40	1.27	2.05	2.10	2.43
		OP	1.38	1.95	41.30	1.20	1.84	53.33
		TO	2.04	2.25	10.29	1.71	2.11	23.39
Number of seed.head^{-1}	تعدد دانه در طبق	PT	35.21	38.23	8.57	30.34	34.03	12.16
		OP	16.15	27.83	72.32	13.36	28.26	111.52
		TO	32.80	37.63	14.72	25.48	37.37	46.66
100 Seed weight (g)	وزن صد دانه	PT	3.38	3.43	1.48	2.94	2.96	0.68
		OP	3.30	3.40	3.03	2.43	3.03	24.69
		TO	2.89	3.10	7.26	2.50	2.71	8.40
Seed yield (g.m-^{2})	عملکرد دانه	PT	229.74	250.21	8.91	120.27	160.60	33.53
		OP	137.62	198.28	44.07	73.49	143.06	94.66
		TO	230.91	253.95	9.97	100.22	181.6	81.20
Number of branches.plant^{-1}	تعداد انشعابات جانبی	PT	11.27	12.10	7.36	11.02	11.60	5.26
		OP	11.95	13.91	16.40	11.41	11.98	4.99
		TO	13.72	13.86	1.02	11.95	12.13	1.50
Plant height (cm)	ارتفاع بوته	PT	80.99	91.71	13.33	78.51	81.10	3.29
		OP	60.99	81.60	33.79	56.28	73.01	29.72
		TO	75.77	91.10	20.23	68.11	85.74	25.88

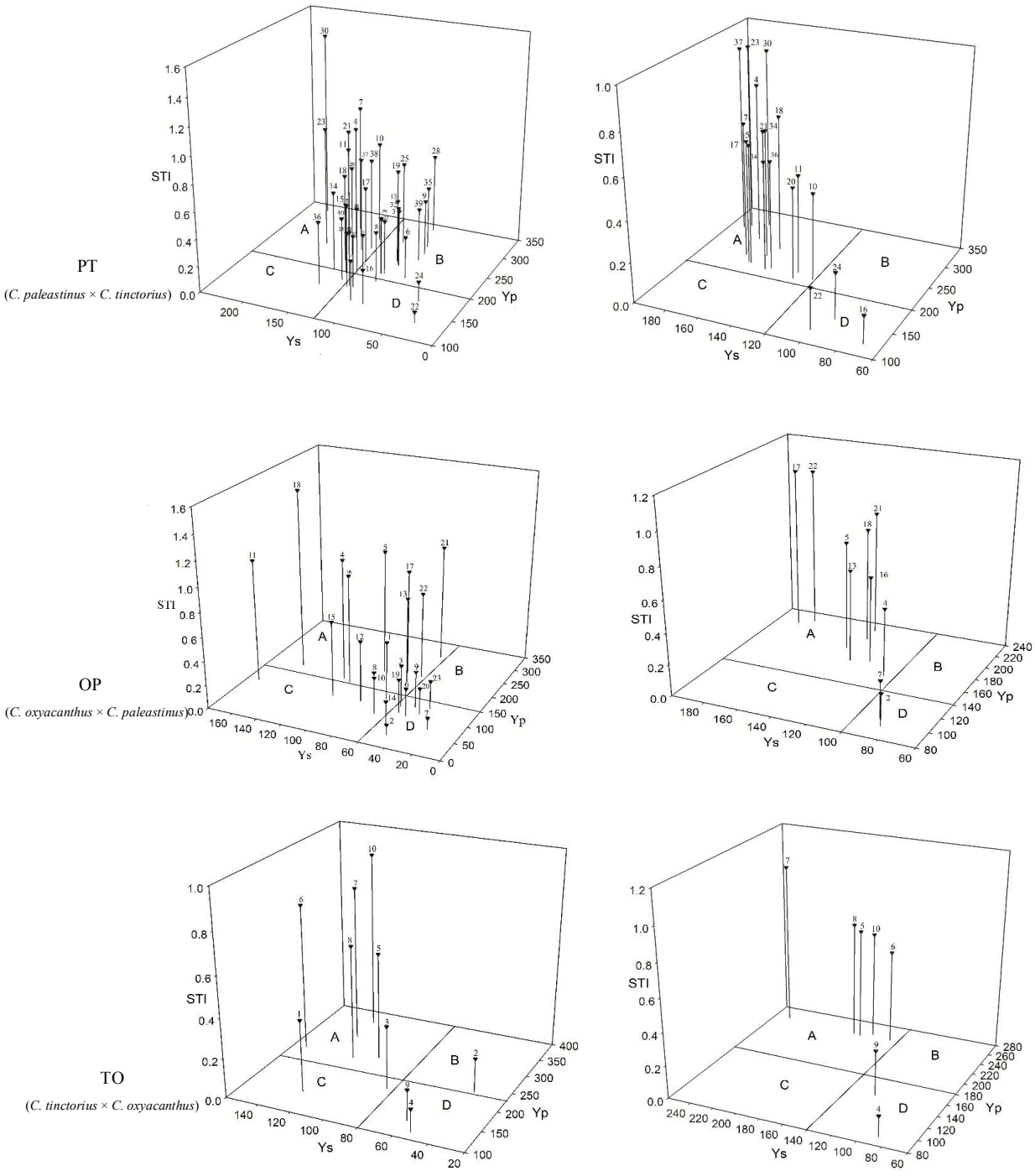
†PT (*C. paleastinus* × *C. tinctorius*)

‡ OP (*C. oxyacanthus* × *C. paleastinus*)

‡ TO (*C. tinctorius* × *C. oxyacanthus*)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]



F_4 F_5

شکل ۱- نمودارهای سه بعدی بر مبنای عملکرد دانه در محیط بدون تنش (Yp)، محیط تنش (Ys) و شاخص تحمل تنش (STI) برای شناسایی ژنوتیپ‌های جمعیت‌های PT، OP و TO در نسل‌های F_4 و F_5 حاصل از تلاقی‌های بین گونه‌ای گلرنگ در دو محیط تنش خشکی و بدون تنش. ▼ نشان دهنده شماره ژنوتیپ‌ها می‌باشد

Fig. 1. Three-D plots based on YP, YS and STI index specifying drought stress tolerant genotypes of TP, OP and TO populations in F_4 and F_5 generations of interspecific crosses of *Carthamus* under non-stress and drought stress conditions. ▼ indicates the genotype number

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این آزمایش ترکیب روش گزینش تک بوته با شاخص تحمل تنش خشکی، بازده ژنتیکی برای عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش در نسل‌های اولیه حاصل از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ به همراه داشت. اثر نوع جمعیت در پاسخ به گزینش قابل توجه بود، به طوری که جمعیت OP (*C. palaestinus* ×*C. oxyacanthus*) بیشترین درصد پاسخ به گزینش مشاهده شده را برای عملکرد دانه در هر دو تیمار آبی را داشت. جمعیت TO (*C. oxyacanthus*× *tinctorius*) برای تعداد طبق در بوته درصد بازده ژنتیکی بالایی را نشان داد. مهم‌ترین معیارهایی که بیشترین اثر را بر پاسخ به گزینش داشتند صفات تعداد دانه در بوته، وزن طبق و قطر طبق بودند. بر مبنای نتایج نمودار سه بعدی در نسل‌های F_4 و F_5، ترکیب دو روش گزینش تک بوته (Single plant selection; SPS) و شاخص تحمل تنش (Stress tolerance index; STI)، در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی با عملکرد دانه بالا، کارایی مناسبی دارد.

منابع مورد استفاده

References

Akbar, A. A. and M. Kamran. 2006. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in safflower (*Cathamus tinctorious* L.). J. Appl. Sci. 6: 2853-2855.

Anjani, K. 2000. Components of seed yield in safflower (*Carthamus tinctorius*). Indian J. Agric. Sci. 70: 873–875.

Ashri, A. and P. Knowles. 1960. Cytogenetics of safflower (*Carthamus* L.) species and their hybrids. Agron. J. 52: 11-17.

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrigation and Drainage paper 56. Rome, Italy.

Burton, G. W. and E. Devane. 1953. Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. Agron. J. 45: 478-481.

Fehr, W. R. 1987. Principles of Cultivar Development. (Vol. 1). Theory and Technique, Macmillan Publishing Company.

Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress.Taiwan, 13-16 August 1992. pp. 257-270.

Kargar, S. M. A., A. Mostafaie, E. Majidi Hervan and S. S. Pourdad. 2014. Evaluation of soybean genotypes using drought stress tolerant indices. Int. J. Agron. Agric. Res. 5:103-113.

Knott, D. R. 1972. Effects of selection for F_2 plant on subsequent generation in wheat. Can. J. Plant Sci. 52: 721-726.

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 or arid environments. Aust. J. Agric. Res. 5: 1055-1063.

Mirzahashemi, M., P. Golkar and G. Mohamadinejad. 2014. Gene effects for agronomic traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress. Ethno-Pharmaceutica Prod. 1: 23-28.

Mostafaie, F., A. F. Mirlohi, Gh. A. Saeidi, M. R. Sabzalian, P. Asgarinia and M. Gheisari. 2014. Evaluation of variation and drought tolerance in F_3 generation of a cross between domesticated (*Carthamus tinctorius* L.) and wild (*C. oxyacanthus* L.) safflower species. Iran. J. Crop Sci. 16 (3): 165-180. (In Persian

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

with English abstract).

Nouri, A., A. Etminan, J. A. Teixeira da Silva and R. Mohammadi. 2011. Assessment of yield, yield related traits and drought tolerance of durum wheat genotypes (*Triticum turjidum* var. *durum* Desf.). Aust. J. Crop Sci. 5(1): 8-16.

Parikh, L., M. Mmbaga, S. Kodati, M. Blair, D. Hui and G. Meru. 2016. Broad-sense heritability and genetic gain for powdery mildew resistance in multiple pseudo-F_2 populations of flowering dogwoods (*Cornus florida* L.). Sci. Hort. 213: 216-221.

Pourdad, S. S. 2008. Study on drought resistance indices in spring safflower. Acta Agron. Hung. 56: 203-212.

Rafeie, F. and G. Saeidi. 2005. Genetic variation for different agronomic traits in isolated lines of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) from Iranian local population and foreign genotypes. J. Sci. Technol. Agric. Nat. Resour. 9: 91-106. (In Persian with English abstract).

Sabzalian, M. R., Gh. A. Saeidi and A. F. Mirlohi. 2009. An investigation of cross ability and interspecific hybrids between cultivar (*Carthamus tinctorius* L.) and wild (*C. oxyacanthus* Bieb.) safflower. Iran. J. Field Crops Sci. 40: 177-185. (In Persian with English abstract).

Safavi, S. M., S. S. Pourdad and S. A. Safavi. 2013. Evaluation of drought tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under non stress and drought stress conditions. Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res. 1: 1086-1093.

SAS Institute. 2008. SAS/STAT 9.1 User's Guide the Reg Procedure:(Book Excerpt) SAS Institute.**Shiravand, R., M. Majidi, M. R. Sabzalian and A. H. Goli. 2012.** Evaluation of genetic diversity within and between some species of *Carthamus* and interspecific hybridization between two wild relatives and *Carthamus tinctorius.* MSc Thesis. College of Agriculture, Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran (In Persian with English abstract).

Shiravand, R. M. Majidi and F. E. Babadi. 2014. Biplot Analysis of Three *Carthamus* species and their F_2 hybrids evaluated under drought stress in seedling stage. J. Crop Prod. Process. 4: 109-121.

Smith, J. and M. L. Kinman. 1965. The use of parent-offspring regression as an estimator of heritability. Crop Sci. 5: 595-596.

Statgraphics Centurion X. 2013. Statgraphics centurion XVI software version 16.2. 04. Virginia (USA):. StatPoint Technologies Inc, Warrenton. Recuperado de: www.statgraphics.net.

Ziyomo, C., R. Bernardo. 2013. Drought tolerance in maize: Indirect selection through secondary traits versus genomewide selection. Crop Sci. 53: 1269-1275.

Xoconostle-Cazares, B., F. A.,Ramirez-Ortega, L. Flores-Elenes and R. Ruiz-Medrano. 2011. Drought tolerance in crop plants. Am. J. Plant Physiol. 1-17.

Yarnia, M., N. Arabifard, F. Rahimzadeh-khoie and P. Zandi. 2011. Evaluation of drought tolerance indices among some winter rapeseed cultivars. Afric. J. Biotechnol. 10 (53): 10914-10922.

Yan, W. and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Sci. 42: 2-11.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

Assessment of genetic gain in interspecific crosses of *Carthamus* genus using drought stress tolerance index combined with single plant selection

Shafiei-Koij, F.[1], A. Mirlohi[2], M. M. Majidi[3], Gh. Saeidi[4], M. Badpar[5] and Gh.Veisi[6]

ABSTRACT

Shafiei-Koij, F., A. Mirlohi, M. M. Majidi, Gh. Saeidi, M. Badpar and Gh.Veisi. 2019. Assessment of genetic gain in interspecific crosses of *Carthamus* genus using drought stress tolerance index combined with single plant selection. **Iranian Journal of Crop Sciences. 20(4): 303-314. (In Persian).**

Wild relatives of safflower are considered a useful source of desirable genes to develop improved cultivars for important agronomic and physiologic traits such as drought and salinity tolerance as well as increasing seed yield. Among wild species, cross compatible species are highlighted to obtain high genetic gain in next generations. In the present study, *Carthamus tinctorius, C. palaestinus* and *C. oxyacanthus* were crossed with each other and three segregating populations were developed. Single plant selection (SPS) and stress tolerance index (STI) were jointly employed in F4 and F5 generations for these three populations. Genetic gain was obtained under both water stress and non-stress conditions for several traits including seed yield. Genotypes from A and D groups of the three-D plots in F4 generation were repeated exactly in the same groups in the three-D plots of F5 generation indicating a very high selection efficiency. Response to selection in different interspecific populations under water stress and non-stress conditions identified suitable criteria for improving seed yield. High response to selection plus high broad sense heritability for several traits indicated the contribution of genetic variation more than environmental factors. Number of seed per capitulum, capitulum diameter, capitulum weight, 100-seed weight and number of branches had high narrow-sense heritability, and could be suggested as important and key traits for safflower breeding programs in water limited conditions. It is concluded that combining STI with SPS method in safflower interspecific breeding may efficiently identify superior genotypes in the early segregating generations under water stress and non-stress conditions.

Key words: Drought stress, Heritability, Interspecific hybridizations, Response to selection and Safflower.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-05-19]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1397.20.4.3.2]

Received: June, 2018 **Accepted: January, 2019**

1. Ph.D Student, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
2. Professor, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (Corresponding author)(Email: mirlohi@cc.iut.ac.ir)
3. Professor, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
4. Professor, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
5. Former MSc. Student, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
6. Former MSc. Student, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran