

## ارزیابی تنوع و تحمل به خشکی در نسل $F_3$ حاصل از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius* L.) و وحشی (*C. oxyacanthus* L.)

### 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

فاطمه مصطفائی<sup>۱</sup>، آقا فخر میرلوحی<sup>۲</sup>، قدرت‌اله سعیدی<sup>۳</sup>، محمدرضا سبزیعلیان<sup>۴</sup>،  
پروانه عسگری‌نیا<sup>۵</sup> و مهدی قیصری<sup>۶</sup>

#### چکیده

مصطفائی، ف.، آ.ف. میرلوحی، ق. سعیدی، م. ر. سبزیعلیان، پ. عسگری‌نیا و م. قیصری. ۱۳۹۳. ارزیابی تنوع و تحمل به خشکی در نسل  $F_3$  حاصل از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius* L.) و وحشی (*C. oxyacanthus* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۱۶(۳): ۱۸۰-۱۶۵.

گلرنگ با کیفیت بالای روغن دانه و تحمل زیاد به تنش‌های محیطی در تولید دانه‌های روغنی از اهمیت خاصی برخوردار است. گونه‌های وحشی خویشاوند تلاقی‌پذیر یکی از منابع ژن‌های مفید برای بهبود ارقام زراعی در این گیاه به شمار می‌آیند. این تحقیق به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و تحمل به خشکی ۴۱ فامیل  $F_3$  حاصل از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius* L.) و گلرنگ وحشی (*C. oxyacanthus* L.) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط تنش و عدم تنش خشکی انجام شد. وراثت‌پذیری عمومی بالایی برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد انشعاب در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه تک بوته در این جمعیت، مشاهده شد. بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی مربوط به صفت عملکرد دانه تک بوته در شرایط تنش و عدم تنش (به ترتیب ۴۱ و ۳۶ درصد) بود. نمودار توزیع فراوانی صفات بیانگر تفکیک متجاوز در بین فامیل‌های  $F_3$  مورد ارزیابی در هر دو جهت و در هر دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی برای اکثر صفات بود. وجود اثر متقابل معنی‌دار فامیل و محیط در همه صفات بیانگر واکنش متفاوت فامیل‌ها در بروز این صفات در محیط‌های مختلف رطوبتی بود. فامیل ۳۶ که دارای عملکرد بالایی در هر دو شرایط محیطی و کاهش عملکرد پایین در اثر تنش بود، به عنوان برترین فامیل شناسایی شد. نتایج این آزمایش نشان داد که می‌توان در برنامه‌های اصلاحی از گلرنگ وحشی *C. oxyacanthus* L. جهت بهبود بعضی از صفات ژنوتیپ‌های زراعی گلرنگ و تولید لاین‌های متحمل به خشکی بهره‌برداری کرد.

واژه‌های کلیدی: تفکیک متجاوز، تنش خشکی، تنوع ژنتیکی و گلرنگ وحشی.

## مقدمه

تنش خشکی در بین تنش‌های محیطی بیشترین اثر منفی را بر تولید گیاهان زراعی دارد (Karkanis et al., 2011). گیاه گلرنگ با کیفیت بالای روغن، تحمل نسبتا بالا به شوری، خشکی و سرمای زمستانه، از اهمیت خاصی برای تولید دانه‌های روغنی کشور برخوردار است (Zeinali, 2001). بومی بودن این گیاه و سازگاری آن با شرایط اقلیمی ایران از جمله امتیازات گیاه گلرنگ می‌باشد، بطوریکه علاوه بر گونه زراعی، گونه‌های وحشی آن نیز در مناطقی از کشور یافت می‌شوند (Khajehpour, 2005). گونه‌های وحشی گلرنگ به عنوان منبع مهم از ژن‌های مطلوب برای بهبود بسیاری از صفات مهم نظیر مقاومت به آفات و بیماری‌ها، افزایش تحمل به خشکی و شوری، بهبود کیفیت روغن و حتی افزایش عملکرد محسوب می‌شوند (Hajjar and Hodgkin, 2007).

ژن‌های مقاومت به اسیدیت به بالا از گونه *Oryza rufipogon* L. به برنج زراعی منتقل شده است (Brar and Khosh, 1983). در جو وحشی (*Hordeum spontaneum* L.) که نزدیکترین خویشاوند جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) می‌باشد، آلل‌هایی برای عملکرد بهتر تحت شرایط تنش خشکی یافته شده است (Baum et al., 2003; Talame et al., 2004). مجیدی و همکاران (Majidi et al., 2011) گزارش نمودند که گونه وحشی *C. oxyacanthus* L. از پایداری عمومی بالایی تحت شرایط تنش خشکی برخوردار است و از این رو می‌تواند به عنوان منبع ژنی مفیدی برای انتقال ژنهای مقاومت به خشکی به گونه اهلی باشد. یک روش کارآمد برای انتقال این صفات از گونه‌های وحشی به گونه‌های زراعی تلاقی‌های بین گونه‌ای است. با استفاده از این روش میزان تنوع ژنتیکی افزایش می‌یابد که از این تنوع می‌توان در جهت پیشبرد برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد. اشری و نولز (Ashri and Knowles, 1960) تلاقی بین گونه‌ای

*C. oxyacanthus* L. و *C. tinctorius* L. (2n=24) را

گزارش کردند.

گونه وحشی *C. oxyacanthus* L. در مقایسه با گلرنگ اهلی تحمل بیشتری به تنش خشکی دارد و اگرچه امکان تلاقی آن با گلرنگ اهلی وجود دارد، ولی تاکنون گزارشی مبنی بر انتقال این صفت به نتاج و بررسی تحمل به تنش خشکی در نسل‌های در حال تفرق حاصل از این تلاقی در دسترس نمی‌باشد. تحقیق حاضر با هدف بررسی تنوع ژنتیکی و تحمل به خشکی فامیل‌های  $F_3$  حاصل از این تلاقی در مقایسه با دو والد اهلی و وحشی در دو محیط رطوبتی صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

یک بوته هیبرید  $F_1$  حاصل از تلاقی بین گونه‌ای C111 (یک ژنوتیپ زراعی از گونه *Carthamus tinctorius* L. و Isfahan<sub>II</sub>) (یک نمونه از گلرنگ وحشی *C. oxyacanthus* L.)، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد در سال زراعی ۱۳۸۷، خودگشن شد (Sabzalian et al., 2010). ۴۱ بذر  $F_2$  حاصل از این خودگشینی به طور جداگانه در سال زراعی ۱۳۸۸ کشت شدند و بذور  $F_3$  حاصل از هر بوته  $F_2$  به طور جداگانه برداشت شدند. ژنوتیپ زراعی والدینی (C111) در آزمایش ابوالحسنی و سعیدی (Abolhasani and Saeidi, 2006) تحت تاثیر تنش، کاهش عملکرد نشان داد و میزان حساسیت آن به خشکی ۷/۱ درصد برآورد گردید. تاکنون در مورد نمونه گونه وحشی (Isfahan<sub>II</sub>) مطالعه‌ای در خصوص تحمل به تنش خشکی صورت نگرفته بود، اما مجیدی و همکاران (Majidi et al., 2011) گزارش نمودند که گونه وحشی *C. oxyacanthus* L. از پایداری عمومی بالایی تحت شرایط تنش خشکی برخوردار است.

در این آزمایش ۴۱ فامیل  $F_3$  حاصل از این تلاقی همراه با دو والد در قالب طرح بلوک‌های کامل

$$V_{irrig} = [(\theta_{Fc} - \theta_{avg}) \times \rho \times D \times A] / 10 \quad (1)$$

$\theta_{Fc}$  = رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی در عمق صفر تا ۶۰ سانتی متری (درصد)،  $\theta_{avg}$  = میانگین رطوبت وزنی لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۶۰ سانتی متری قبل از آبیاری (درصد)،  $D$  = عمق فعال توسعه ریشه برابر ۶۰ سانتی متر،  $\rho$  = وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب و  $A$  = سطح کرت بر حسب متر مربع می‌باشد. برای اندازه‌گیری میزان آب ورودی به کرت‌ها از فلوم SW شماره ۴ استفاده شد که دبی آب عبوری از آن با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$Q = 0.0294 H^{2.102} \quad (2)$$

$Q$  برابر دبی آب ورودی (لیتر در ثانیه) و  $H$  ارتفاع آب روی شاخص فلوم بر حسب سانتی متر می‌باشد. در هر واحد آزمایشی تعداد ۱۰ بوته تصادفی با حذف اثر حاشیه انتخاب و صفات فنولوژیک (تعداد روز تا آغاز گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی)، مورفولوژیک (ارتفاع بوته و تعداد انشعاب در بوته)، اجزای عملکرد (تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه) و عملکرد دانه تک بوته در آنها اندازه‌گیری گردید.

با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات، واریانس ژنتیکی و فنوتیپی صفات مختلف برآورد گردید و سپس قابلیت توارث و ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی محاسبه گردید. جهت برآورد وراثت پذیری صفات از رابطه  $h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2/r}$  استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌ها به صورت تجزیه مرکب و بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و Excel انجام گرفت.

### نتایج و بحث

توزیع فراوانی اکثر صفات مورد مطالعه در بین فامیل‌های  $F_3$ ، دارای تنوع پیوسته بود و تفکیک متجاوز

تصادفی با سه تکرار در دو محیط رطوبتی عدم تنش و تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر فامیل در یک ردیف دو متری با فاصله بوته ۱۰ سانتیمتر و فاصله ردیف ۳۰ سانتیمتر کشت شد. این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در عرض جغرافیایی ۲۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی انجام شد. ارتفاع محل اجرای آزمایش از سطح دریا ۱۶۳۰ متر و طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم نیمه خشک با تابستان خشک می‌باشد. متوسط بارندگی و درجه حرارت منطقه به ترتیب ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴ درجه سانتی گراد است. بافت خاک محل آزمایش لومی رسی بوده و وزن مخصوص ظاهری لایه صفر تا ۳۰ سانتی متر خاک حدود ۱/۴ گرم بر سانتیمتر مکعب، میانگین اسیدیته خاک ۷/۵، هدایت الکتریکی آن حدود ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر و رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه ۲۲ درصد وزنی است.

محیط‌های رطوبتی مورد استفاده شامل محیط بدون تنش با اعمال ضرب (Management Allowed Depletion) MAD متوسط کسری از کل آب در دسترس که می‌تواند از عمق توسعه ریشه تخلیه شود بدون اینکه به گیاه تنشی وارد شود) برابر با  $50 \pm 5$  درصد و محیط تنش رطوبتی با اعمال ضرب MAD برابر با  $85 \pm 5$  درصد بود. تیمار تنش رطوبتی پس از مرحله شروع تشکیل تکمه صورت گرفت. در طی دوره رشد برای دو محیط رطوبتی مقدار تبخیر-تعرق با استفاده از رابطه پنمن-مانتیس-فائو محاسبه شد و زمان تقریبی آبیاری تخمین زده شد. برای تعیین حجم آب مورد نیاز در هر دور آبیاری، قبل از آبیاری نمونه برداری از خاک تا عمق توسعه ریشه (۶۰ سانتی متری) انجام گرفت و بر اساس درصد رطوبت وزنی خاک، حجم آب آبیاری ( $V_{irrig}$ ) بر حسب لیتر از رابطه یک محاسبه شد.

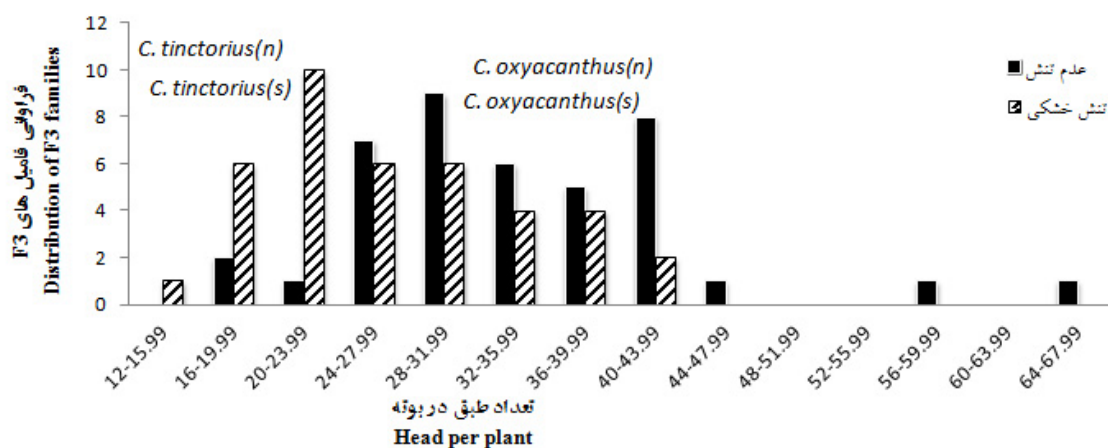
دو سطح تنش و عدم تنش می‌توان نتیجه گرفت که تنش خشکی دامنه تغییرات، تنوع و وراثت‌پذیری اکثر صفات را کاهش داده است، از این رو می‌توان گفت که تنش خشکی یک محدودیت برای بروز تنوع ژنتیکی بالقوه است و می‌تواند بازده انتخاب را کاهش دهد. توکلی و همکاران (Tavakoli et al., 2012) نیز در بررسی تحمل به خشکی توده‌های گلرنگ گزارش داد که تنش خشکی باعث کاهش ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت‌پذیری اکثر صفات می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای دو محیط نشان داد که تفاوت بین فامیل‌های  $F_3$  از نظر همه صفات معنی‌دار بود (جدول ۲). این موضوع نشانگر وجود تنوع ژنتیکی برای صفات زراعی مورد بررسی و امکان گزینش برای این صفات در میان فامیل‌های مورد مطالعه می‌باشد. تنش رطوبتی روی همه صفات تاثیر بسیار معنی‌داری داشت. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای همه صفات بسیار معنی‌دار بود که بیانگر واکنش متفاوت فامیل‌ها در بروز این صفات در محیط‌های مختلف بود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بین فامیل‌ها برای تعداد روز تا گلدهی معنی‌دار بود. تنش رطوبتی تاثیر بسیار معنی‌داری بر تعداد روز تا گلدهی داشت (جدول ۲). میانگین این صفت برای فامیل‌های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی به ترتیب ۹۴/۲۸، ۸۴ و ۹۴ در شرایط عدم تنش و ۸۸، ۸۰ و ۹۳ در شرایط تنش بود. میزان کاهش این صفت بر اثر تنش در بین فامیل‌های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی به ترتیب ۶/۷، ۴/۷۶ و یک درصد بود (جدول ۳). گزارش شده است که در مراحل نمو گیاه، حتی تنش بسیار جزئی می‌تواند منجر به تحریک رشد زایشی و گلدهی شود (Kafi and Damghani, 2000). در آزمایش حاضر نیز اعمال تنش در مرحله تشکیل تکه باعث گردید که گیاهان زودتر وارد مرحله زایشی شوند. ابوالحسنی و سعیدی (Abolhasani and Saeidi, 2006) و توکلی و همکاران (Tavakoli et al., 2012) گزارش کردند که

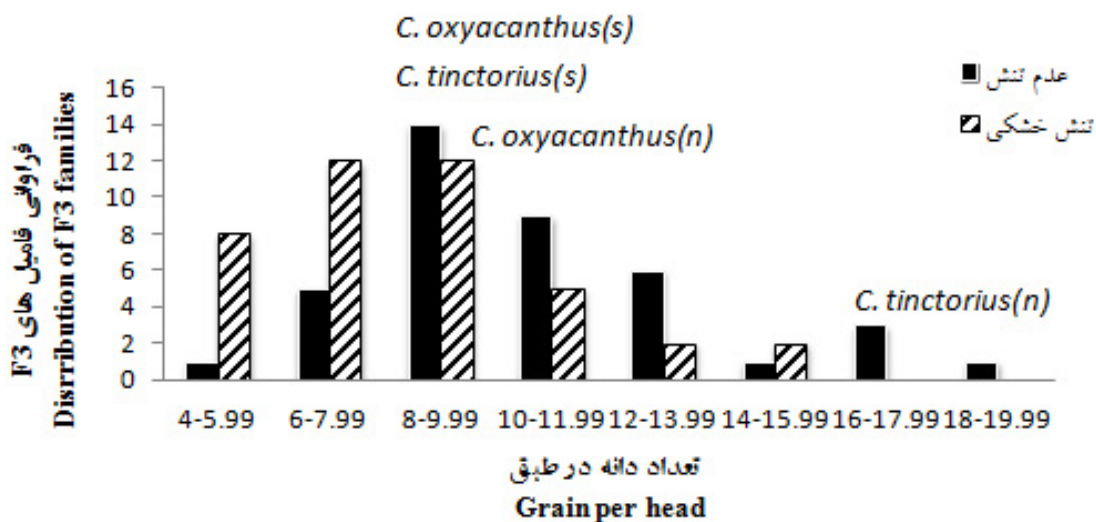
برای تمامی صفات مشاهده شد (شکل‌های ۱-۴). این موضوع نشان‌دهنده چند ژنی بودن صفات و وجود آلل‌های تاثیرگذار بر این صفات در هر دو والد اهلی و وحشی است، به طوری که ترکیبات جدید آللی در نتاج حاصل از تلاقی باعث افزایش و یا کاهش این صفات نسبت به والدین گردید.

نتایج آمار توصیفی صفات اندازه‌گیری شده در فامیل‌های  $F_3$  در شرایط تنش و عدم تنش خشکی نشان داد که دامنه تغییرات برای صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی کمتر بود (جدول ۱). به عنوان مثال دامنه تغییرات برای صفت عملکرد دانه تک بوته در محیط عدم تنش بین ۱۹-۴ گرم و در شرایط تنش بین ۱/۱۸-۸/۴ گرم متغیر بود. نتایج بررسی ضرایب تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی نشان دهنده تنوع در بین فامیل‌های  $F_3$  گلرنگ در هر دو محیط تنش و عدم تنش از نظر صفات مهم زراعی - مورفولوژیک بود. در هر دو شرایط بیشترین تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی مربوط به صفت عملکرد دانه تک بوته و کمترین تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی مربوط به تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی بود (جدول ۱). برآورد وراثت‌پذیری صفات در هر دو محیط نشان داد که اکثر صفات دارای وراثت‌پذیری عمومی بالایی بودند. در هر دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی بیشترین وراثت‌پذیری عمومی مربوط به وزن هزار دانه (۹۳ و ۹۵ درصد) و تعداد دانه در طبق (۹۱ و ۹۳ درصد) بود. کمترین وراثت‌پذیری در شرایط عدم تنش مربوط به تعداد انشعاب در بوته (۸۶ درصد) و در محیط تنش متعلق به تعداد روز تا گلدهی (۸۱ درصد) بود. وراثت‌پذیری عمومی بالا برای صفات مورد ارزیابی بویژه عملکرد دانه و اجزای آن بیانگر این است که بیشتر تنوع فنوتیپی مشاهده شده تحت کنترل عوامل ژنتیکی بوده است. وجود تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری بالا برای پیشرفت ژنتیکی ناشی از انتخاب در برنامه‌های اصلاحی از ضروریات می‌باشد (Falconer and Mackay, 1966). با مقایسه کلی بین



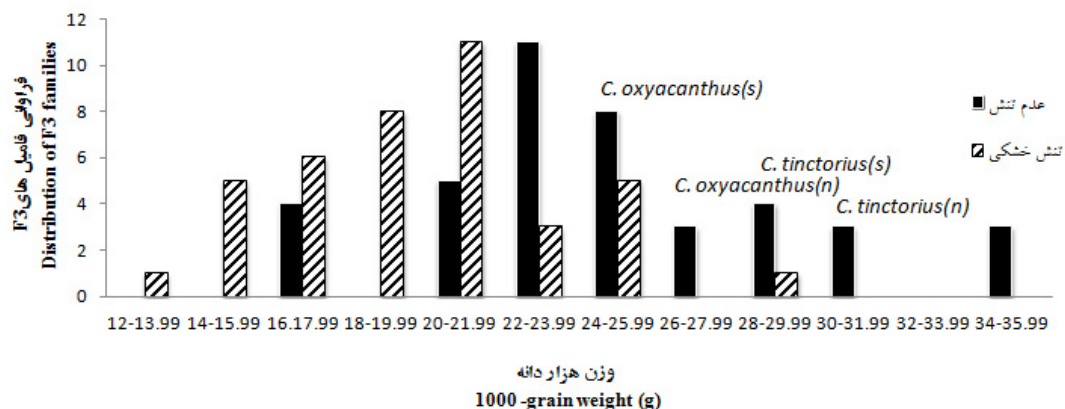
شکل ۱- توزیع فراوانی فامیل های F<sub>3</sub> حاصل از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius*) و گلرنگ وحشی (*C. oxyacanthus*) در دو محیط تنش خشکی و عدم تنش برای صفت تعداد طبق در بوته

Fig. 1. Distribution of F<sub>3</sub> families derived from a cross between cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*C. oxyacanthus*) species in drought stress and normal condition for number of head per plant



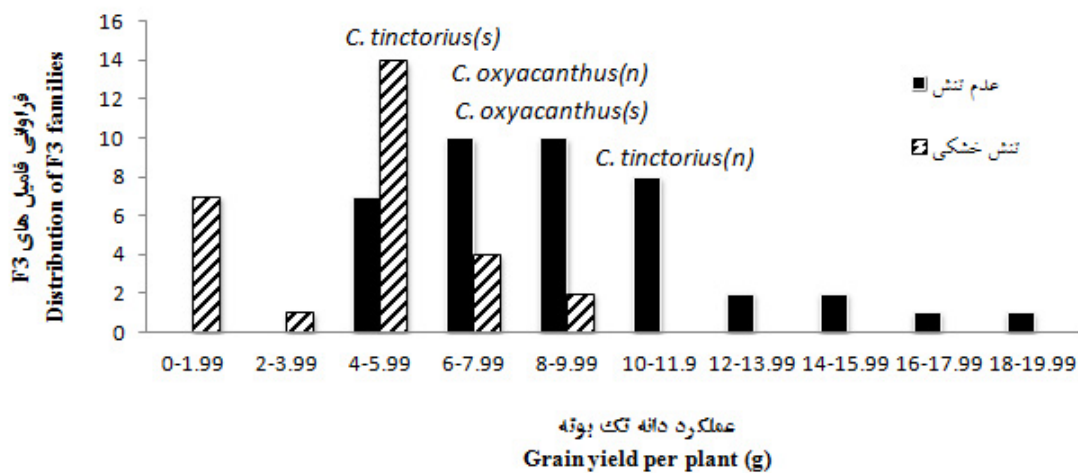
شکل ۲- توزیع فراوانی فامیل های F<sub>3</sub> حاصل از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius*) و گلرنگ وحشی (*C. oxyacanthus*) در دو محیط تنش خشکی و عدم تنش برای صفت تعداد دانه در طبق

Fig. 2. Distribution of F<sub>3</sub> families derived from a cross between cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*C. oxyacanthus*) species in drought stress and normal condition for number of grain per head



شکل ۳- توزیع فراوانی فامیل‌های F<sub>3</sub> حاصل از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius*) و گلرنگ وحشی (*C. oxyacanthus*) در دو محیط تنش خشکی و عدم تنش برای صفت وزن هزار دانه

Fig. 3. Distribution of F<sub>3</sub> families derived from a cross between cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*C. oxyacanthus*) species in drought stress and normal condition for 1000-grain weight



شکل ۴- توزیع فراوانی فامیل‌های F<sub>3</sub> حاصل از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius*) و گلرنگ وحشی (*C. oxyacanthus*) در دو محیط تنش خشکی و عدم تنش برای صفت عملکرد دانه تک بوته

Fig. 4. Distribution of F<sub>3</sub> families derived from a cross between cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*C. oxyacanthus*) species in drought stress and normal condition for grain yield per plant

"ارزیابی تنوع و تحمل به خشکی در..."

جدول ۱- آمار توصیفی صفات گیاهی در فامیل‌های F3 حاصل از تلاقی بین گونه‌های گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius*) و گلرنگ وحشی (*C. oxyacanthus*) در شرایط تنش خشکی و عدم تنش

Table 1. Descriptive statistics for plant characteristics in F3 families derived from a cross between cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*C. oxyacanthus*) species in drought stress and normal condition

| Plant characteristics                  | صفات گیاهی          | حداقل   |         | حداکثر                                  |  | ضریب تنوع فنوتیپی |        | ضریب تنوع ژنتیکی |        | وراثت‌پذیری عمومی |        |
|--|---------------------|---------|---------|---|--|-------------------|--------|------------------|--------|-------------------|--------|
|  |                     | Minimum | Maximum | Phenotypic coefficient of variation (%) | Genotypic coefficient of variation (%) | Heritability (%)  |        |                  |        |                   |        |
|  |                     | عدم تنش | تنش     | عدم تنش                                 | تنش                                    | عدم تنش           | تنش    | عدم تنش          | تنش    | عدم تنش           | تنش    |
|  |                     | Normal  | Stress  | Normal                                  | Stress                                 | Normal            | Stress | Normal           | Stress | Normal            | Stress |
| Days to flowering                      | روز تا گلدهی        | 84      | 80      | 108                                     | 96                                     | 7.09              | 5.2    | 6.6              | 4.71   | 87                | 81     |
| Days to physiological maturity         | روز تا رسیدگی       | 118     | 113     | 138                                     | 125                                    | 3.02              | 3      | 2.8              | 2.78   | 87                | 86     |
| Plant height (cm)                      | ارتفاع بوته         | 70.35   | 69.8    | 110                                     | 104.5                                  | 11.54             | 9.1    | 10.9             | 8.6    | 90                | 89     |
| Number of branches plant <sup>-1</sup> | تعداد انشعاب        | 5.5     | 4.9     | 11.8                                    | 10.5                                   | 19.20             | 13.9   | 17.8             | 12.52  | 86                | 83     |
| Number of head plant <sup>-1</sup>     | تعداد طبق در بوته   | 13.7    | 12.7    | 66.67                                   | 43.33                                  | 29.60             | 29.3   | 27.8             | 27.24  | 88                | 86     |
| Number of grain head <sup>-1</sup>     | تعداد دانه در طبق   | 5.9     | 4.3     | 18.79                                   | 15.08                                  | 30.34             | 29.26  | 29.26            | 27.84  | 93                | 91     |
| 1000-grain weight (g)                  | وزن هزار دانه       | 16      | 12.37   | 35.85                                   | 29.9                                   | 18.07             | 18.88  | 17.64            | 18.18  | 95                | 93     |
| Grain yield plant <sup>-1</sup> (g)    | عملکرد دانه تک بوته | 4.24    | 1.18    | 19.37                                   | 8.04                                   | 37.09             | 43.07  | 35.52            | 40.97  | 92                | 90     |

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد در فامیل‌های F<sub>3</sub> حاصل از تلاقی بین گونه‌ای گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius*) و گلرنگ وحشی (*C. oxyacanthus*) تحت شرایط تنش خشکی عدم تنش

Tabel 2. Combined analysis of variance for phenological, morphological, grain yield and yield components traits in F<sub>3</sub> families derived from a cross between cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*C. oxyacanthus*) species in drought stress and normal condition

| S.O.V         | منابع تغییر  | درجه آزادی<br>d.f | میانگین مربعات (MS)               |   |                             |  |   |   |                                    |                            |
|---------------|--------------|-------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------|--|---|---|------------------------------------|----------------------------|
|               |              |                   | روز تا گلدهی<br>Days to flowering | روز تا رسیدگی<br>Days to physiological maturity | ارتفاع بوته<br>Plant height | انشعاب در بوته<br>Branches plant <sup>-1</sup> | طبق در بوته<br>Head plant <sup>-1</sup> | دانه در طبق<br>Grain head <sup>-1</sup> | وزن هزار دانه<br>1000-grain weight | عملکرد دانه<br>Grain yield |
| Place         | محیط         | 1                 | 2346.06**                         | 8059.55**                                       | 2356.32**                   | 17.82**  | 3237.96**                               | 351.23**                                | 1513.71**                          | 1601.57**                  |
| Block (Place) | بلوک (محیط)  | 4                 | 175.22                            | 108.40  | 106.94                      | 8.64   | 252.03                                  | 2.632                                   | 25.88                              | 14.03                      |
| Family        | فامیل        | 42                | 136.63**                          | 48.80**   | 332.56**                    | 9.35**   | 343.8**                                 | 35.21**                                 | 82.12**                            | 24.67**                    |
| Place×Family  | فامیل×محیط   | 42                | 60.37**                           | 34.62**   | 181.16**                    | 2.90**   | 125.57**                                | 16.23**                                 | 22.56**                            | 17.63**                    |
| Error         | خطای آزمایشی | 168               | 14.95                             | 5.75  | 27.44                       | 0.924  | 29.44                                   | 2.02                                    | 3.02                               | 1.81                       |

ns, \* and \*\*: Not-significant, Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



"ارزیابی تنوع و تحمل به خشکی در..."

جدول ۳- جدول مقایسه میانگین فامیل‌های F<sub>3</sub>، والد اهلی و وحشی و میزان کاهش هر صفت در شرایط بدون تنش در مقایسه با شرایط تنش خشکی

Table3. Mean Comparison of F<sub>3</sub> families, cultivated parent and wild parent and percent of reduction per trait in the normal compared with drought stress condition

| Plant characteristics                  | صفات گیاهی          | عدم تنش<br>Normal                                   |                                   | تنش<br>Stress               |   |                                   | میزان کاهش صفت<br>Percent of trait reduction (%) |  |                                   |                             |
|--|---------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|--|--|-----------------------------------|-----------------------------|
|  |                     | فامیل‌های F <sub>3</sub><br>F <sub>3</sub> families | والد اهلی<br>Cultivated<br>parent | والد وحشی<br>Wild<br>parent | فامیل‌های F <sub>3</sub><br>families F <sub>3</sub> | والد اهلی<br>Cultivated<br>parent | والد وحشی<br>Wild<br>parent                      | فامیل‌های F <sub>3</sub><br>F <sub>3</sub> families <sub>3</sub> | والد اهلی<br>Cultivated<br>parent | والد وحشی<br>Wild<br>parent |
|  |                     |   |                                   |                             |   |                                   |  |  |                                   |                             |
| Days to flowering                      | روز تا گلدهی        | 94.28   | 84                                | 94                          | 88  | 80                                | 93   | 6.7  | 4.76                              | 1                           |
| Days to physiological maturity         | روز تا رسیدگی       | 129   | 128                               | 134                         | 118   | 120                               | 122  | 8.58   | 6.25                              | 8.96                        |
| Plant height                           | ارتفاع بوته         | 91.3  | 97                                | 82                          | 87.73   | 89.53                             | 99.5   | 7.21   | 7.7                               | 21.37                       |
| Number of branches plant <sup>-1</sup> | تعداد انشعاب        | 8.65  | 6/9                               | 6.77                        | 8.12  | 5.83                              | 6.74   | 6.12   | 15                                | 1                           |
| Number of head plant <sup>-1</sup>     | تعداد طبق در بوته   | 33.95   | 13.67                             | 34.33                       | 26.55   | 12.67                             | 33.67  | 21.77  | 7                                 | 1.92                        |
| Number of grain head <sup>-1</sup>     | تعداد دانه در طبق   | 10.77   | 16.67                             | 9.76                        | 8.55  | 9                                 | 8.58   | 20.61  | 45.65                             | 12                          |
| 1000-grain weight                      | وزن هزار دانه       | 24.7  | 31.55                             | 27.45                       | 19.32   | 29.9                              | 24.31  | 20   | 5.23                              | 21.54                       |
| Grain yield plant <sup>-1</sup>        | عملکرد دانه تک بوته | 9   | 9.79                              | 7.34                        | 3.96  | 4                                 | 6.17   | 56   | 59                                | 16                          |

تفاوت معنی داری بودند. این صفت تحت تاثیر تنش خشکی کاهش معنی داری نشان داد (جدول ۲). میانگین ارتفاع بوته برای فامیل های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی به ترتیب ۹۱/۳۲، ۹۷ و ۸۲ در شرایط عدم تنش و ۸۴/۷۳، ۸۹/۵۳ و ۹۹/۵ سانتی متر در شرایط تنش بود. فامیل های  $F_3$  و والد اهلی به ترتیب ۷/۲۱ و ۷/۷ درصد کاهش ارتفاع در شرایط تنش داشتند، اما در والد وحشی نه تنها کاهش ارتفاع مشاهده نشد، بلکه میزان آن ۲۱/۳۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). اولین قسمتی که در اثر تنش خشکی در گیاه آسیب می بیند رشد سلولی است. کاهش پتانسیل آب در سلول های گیاهی باعث کاهش پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن و رشد سلول می شود. بنابراین اندازه سلول تحت تاثیر تنش خشکی قرار می گیرد و باعث کوتاه ماندن ارتفاع گیاه می شود (Farid, 2004)، اما در والد وحشی یکی از عللی که تنش نتوانسته است بر ارتفاع بوته تاثیر منفی بگذارد، میتواند این باشد که این گیاه به شرایط بیشبود آب عادت نداشته و بطور وحشی احتمالاً در شرایط خشک تر از تیمار اعمال شده در پژوهش حاضر رشد و نمو می کند. گزارشات دیگر نیز حاکی از کاهش ارتفاع بوته گلرنگ اهلی در اثر تنش خشکی (Bagheri and Farokhnia *et al.*, 2011; Sam-Daliri, 2011) و افزایش آن در ژنوتیپ های گلرنگ وحشی می باشد (Tavakoli *et al.*, 2012).

نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی داری را بین فامیل های مورد بررسی از نظر صفت تعداد انشعاب در بوته نشان داد. اثر تنش رطوبتی بر این صفت معنی دار بود (جدول ۲). میانگین تعداد انشعاب در بوته برای فامیل های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی به ترتیب ۸/۶۵، ۶/۹ و ۶/۷۷ در شرایط عدم تنش و ۵/۸۳ و ۶/۷۴ در شرایط تنش خشکی بود. تنش خشکی باعث ۶/۱۲، ۱۵ و یک درصد کاهش در تعداد انشعاب در بوته به ترتیب در بین فامیل های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی

تنش رطوبتی منجر به کاهش صفت تعداد روز تا گلدهی در ژنوتیپ های گلرنگ می گردد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از لحاظ تعداد روز تا رسیدگی بین فامیل های  $F_3$  در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری وجود داشت. این صفت به طور معنی داری تحت تاثیر تنش رطوبتی نیز قرار گرفت (جدول ۲). میانگین تعداد روز تا رسیدگی برای فامیل های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی به ترتیب ۱۲۹، ۱۲۸ و ۱۳۴ روز در شرایط عدم تنش و ۱۱۸، ۱۲۰ و ۱۲۲ روز در شرایط تنش بود. تنش خشکی باعث کاهش ۸/۵۸، ۶/۲۵ و ۸/۹۶ درصدی میانگین تعداد روز تا رسیدگی به ترتیب در بین فامیل های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی گردید (جدول ۳). آثار سوء خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت است و بیشترین تاثیر را در مرحله ای که گیاه به بیشترین میزان آب نیاز دارد، ایجاد می کند. بنابراین دوره بحرانی گیاه در صورتی که منطبق بر دوره خشکی معمول در منطقه نباشد، فرار از تنش خشکی تلقی خواهد شد و تا حد امکان از میزان خسارت وارده کاسته می شود. بنابراین زودرسی از صفاتی است که گیاه بوسیله آن می تواند از تنش خشکی آخر فصل اجتناب نماید. البته بین زودرسی و عملکرد بالقوه عموماً رابطه معکوس وجود دارد، بدین دلیل در برنامه های به نژادی نباید دوره رشد از مقدار مورد نیاز کوتاه تر شود (Arona *et al.*, 2002). در این پژوهش نیز زمان رسیدگی فامیل ها در شرایط تنش، برای فرار از تنش خشکی، کوتاه تر بود. در آزمایش نادری باغشاهی و همکاران (Naderi Baghshahi *et al.*, 2003) روی گلرنگ طی دو سال متوالی اثر رژیم آبیاری بر تعداد روز تا رسیدگی در هر دو سال معنی دار گردید و با افزایش شدت تنش تعداد روز تا رسیدگی نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. تسریع در رسیدگی گلرنگ به واسطه کمبود آب توسط مظفیری و اسدی (Mozaffari and Asadi, 2006) نیز گزارش شده است. فامیل های مورد ارزیابی از نظر ارتفاع بوته دارای

شرایط بدون تنش گردید. نتایج مشابهی توسط شریف مقدسی و امید (Shariffmoghaddasi and Omid, 2010) در گلرنگ مبنی بر کاهش تعداد طبق در اثر تنش خشکی گزارش شده است.

نتایج تجزیه واریانس مشخص نمود که فامیل‌های مورد بررسی از نظر صفت تعداد دانه در طبق دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بودند. این صفت تحت تاثیر تنش خشکی کاهش معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). تعداد دانه در طبق برای فامیل‌های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی به ترتیب  $10/77$ ،  $16/67$  و  $9/76$  در شرایط عدم تنش و  $8/58$  و  $9$ ،  $8/55$  در شرایط تنش بود. کاهش این صفت در بین فامیل‌های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی به ترتیب برابر  $20/61$ ،  $45/65$  و  $12$  درصد بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که خشکی در مرحله گل‌دهی باعث خشک شدن دانه‌گرده و افت میزان بذر تلقیح شده گردیده و در نتیجه میزان دانه‌های پوک در طبق افزایش و یا تعداد دانه در طبق کاهش می‌یابد (Oelke et al., 2004). در آزمایش میلادی لاری و احسان‌زاده (Miladi Lari and Ehsanzadeh, 2010) با کاهش رطوبت قابل دسترس، تعداد دانه در طبق حدود ۲۶ درصد کاهش یافت. در آزمایش پاسبان اسلام و همکاران (Pasban eslam et al., 2010) بر روی گلرنگ نیز کمترین تعداد دانه در طبق در تیمار تنش و بیشترین تعداد دانه در تیمار بدون تنش گزارش شد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین فامیل‌های  $F_3$  ارزیابی شده از نظر صفت وزن هزار دانه تفاوت بسیار معنی‌دار وجود داشت. اثر تنش خشکی بر این صفت بسیار معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین این صفت برای فامیل‌های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی به ترتیب  $24/78$ ،  $31/55$  و  $27/48$  گرم در شرایط عدم تنش و  $19/82$ ،  $29/9$  و  $24/31$  گرم در شرایط تنش بود. میزان کاهش صفت در بین فامیل‌های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی به ترتیب  $20$ ،  $5/23$  و  $11/54$  درصد بود (جدول ۳). کاهش وزن هزار دانه در تنش رطوبتی را می‌توان به

گردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد که تحت شرایط افزایش فواصل آبیاری، تعداد سلول‌های آغازین تشکیل شده جهت تولید انشعابات اولیه ساقه کاهش می‌یابد و در نتیجه به کاهش تعداد انشعاب در بوته می‌انجامد (Behdani and Jami Al-Ahmadi, 2011). بهدانی و جامی‌الاحمدی (Behdani and Jami Al-Ahmadi, 2011) گزارش کردند که تعداد انشعاب‌های اولیه و ثانویه در هر بوته گلرنگ با افزایش دور آبیاری کاهش یافت. افزایش تعداد انشعاب در بوته در ژنوتیپ‌های گلرنگ وحشی تحت تنش خشکی توسط توکلی و همکاران (Tavakoli et al., 2012) نیز گزارش شده است.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، فامیل‌های مورد ارزیابی دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد از لحاظ تعداد طبق در بوته بودند. تنش رطوبتی تاثیر بسیار معنی‌داری بر این صفت داشت. میانگین این صفت در شرایط عدم تنش خشکی  $33/48$  و در شرایط تنش  $26/40$  بود که ۲۱ درصد کاهش را در شرایط تنش نشان داد. میانگین این صفت برای فامیل‌های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی در شرایط عدم تنش به ترتیب  $33/94$ ،  $13/67$  و  $34/33$  و در شرایط تنش به ترتیب  $26/55$ ،  $12/67$  و  $33/67$  بود. در بین فامیل‌های  $F_3$ ، والد اهلی و والد وحشی به ترتیب  $21/77$ ،  $7$  و  $1/92$  درصد کاهش برای این صفت در شرایط تنش مشاهده شد. به نظر می‌رسد که نقصان تولید و عرضه مواد فتوسنتزی در اثر تنش، باعث عدم تامین مواد فتوسنتزی به میزان کافی جهت تخصیص مناسب به طبق‌های تولید شده و در حال رشد می‌شود و در نتیجه منجر به ریزش آنها و کاهش این صفت در گیاهان می‌گردد (Naeimi et al., 2007). دلیل دیگر کاهش این صفت می‌تواند کم شدن تعداد انشعاب در بوته در اثر تنش خشکی باشد که در نتیجه آن طبق کمتری نیز تولید می‌شود. ابل (Abel, 1976) در مطالعه خود نشان داد که تنش خشکی در گلرنگ باعث کاهش تعداد طبق در بوته در مقایسه با

کاهش عملکرد دانه در گلرنگ در اثر تنش خشکی با نتایج بسیاری از محققین مطابقت داشت (Abolhasani and Saeidi, 2006; Tavakoli *et al.*, 2012; Farokhnia *et al.*, 2011 and Mosallayi *et al.*, 2011)

### نتیجه گیری

بطور کلی بر اساس ارزیابی مقدماتی که بر روی فامیل های  $F_3$  حاصل از تلاقی بین گونه ای گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius* L.) و وحشی (*C. oxyacanthus* L.) برای صفات مهم زراعی در شرایط تنش خشکی و عدم تنش انجام شد، می توان نتیجه گرفت که تفاوت زیادی بین گلرنگ اهلی، گونه وحشی *C. oxyacanthus* L. و فامیل های  $F_3$  حاصل از تلاقی بین گونه ای آنها، از نظر تحمل به خشکی وجود داشت و میزان کاهش اکثر صفات (به ویژه صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه تک بوته) در اثر تنش در والد وحشی کمتر از والد اهلی بود که نشان دهنده تحمل بالاتر والد وحشی به خشکی بود. همچنین به دلیل وجود تنوع ژنتیکی مناسب در بین فامیل های  $F_3$  و خاصیت تفکیک متجاوز، امکان انتخاب فامیل های دارای میانگین عملکرد بالاتر از والدین در شرایط تنش خشکی وجود داشت و فامیل ۳۶ که دارای عملکرد بالایی در هر دو شرایط محیطی و کاهش عملکرد پایین در اثر تنش خشکی بود، به عنوان برترین فامیل شناخته شد. بنابراین می توان در برنامه های اصلاحی، از گونه گلرنگ وحشی *C. oxyacanthus* L. در افزایش تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ های با عملکرد بالای گلرنگ اهلی بهره برد و در جهت تولید ارقامی با عملکرد مناسب در شرایط کم آبی اقدام کرد.

کاهش فتوسنتز و دوام سطح برگ، که در نتیجه آنها سرعت و طول پر شدن دانه ها کاهش می یابد، مربوط دانست (Kochaki *et al.*, 1995). امید (Omidi, 2009) و ابوالحسنی و سعیدی (Abolhasani and Saeidi, 2006) با بررسی اثر تنش خشکی بر روی گیاه گلرنگ بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش وزن هزار دانه در گلرنگ می شود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بین فامیل ها برای صفت عملکرد دانه تک بوته بسیار معنی دار بود و تنش رطوبتی تاثیر بسیار معنی داری بر عملکرد دانه تک بوته داشت (جدول ۲). میانگین عملکرد دانه تک بوته برای فامیل های  $F_3$  والد اهلی و والد وحشی به ترتیب ۹، ۹/۷۹ و ۷/۳۴ گرم در بوته در شرایط عدم تنش و ۴، ۳/۹۶ و ۶/۱۷ گرم تک بوته در شرایط تنش خشکی بود. تنش خشکی باعث ۵۶، ۵۹ و ۱۶ درصد کاهش در میانگین عملکرد دانه تک بوته به ترتیب در بین فامیل های  $F_3$  والد اهلی و والد وحشی گردید (جدول ۳). بیشترین مقدار عملکرد دانه تک بوته در شرایط عدم تنش به فامیل های ۲۰، ۲۴، ۳۳، ۶، ۳۶ و ۱۵ (به ترتیب ۱۹/۳۷، ۱۷/۳۱، ۱۵، ۱۴/۲۱، ۱۱/۴۶ و ۱۱/۳۰ گرم در بوته) و در شرایط تنش به فامیل های ۲۷، ۳۶، ۳۰، ۱۵، ۶، ۳۳ (به ترتیب ۸، ۷/۱۰، ۶/۶۵، ۶/۵۲، ۶/۴۱ و ۵/۸۷ گرم در بوته) تعلق داشت که در بین آنها فامیل ۳۶ کمترین میزان کاهش عملکرد (۳۸ درصد) را در اثر تنش به خود اختصاص داد و به عنوان برترین فامیل شناخته شد.

پتانسیل عملکرد دانه گلرنگ به تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه بستگی دارد و تنش خشکی عملکرد گلرنگ را به دلیل کاهش این اجزا کاهش می دهد. کافی و رستمی (Kafi and Rostami, 2007) در بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد در گلرنگ نشان دادند که تنش شدید خشکی باعث کاهش معنی دار عملکرد دانه در بوته می شود.

References

- Abel, G. H. 1976.** Effects of irrigation regimes, planting date, nitrogen levels and spacing on safflower cultivar. *Agron. J.* 68: 448-451.
- Abolhasani, Kh. and Gh. Saeidi. 2006.** Investigation of agronomic traits of safflower genotypes in two moisture regimes in Isfahan. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 13 (4): 407-419. (In Persian with English abstract).
- Arona, A., R. K. Sairam and G. C. Srivastava. 2002.** Oxidative and antioxidative systems in plants. *Curr. Sci.* 82: 1227- 1238.
- Ashri, A. and P. F. Knowles. 1960.** Cytogenesis of safflower (*Carthamus tinctorius*) species and their hybrids. *Agron. J.* 52: 11-17.
- Bagheri, H. and M. Sam-Daliri. 2011.** Effect of water stress on agronomic traits of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). *J. Basic. Appl. Sci.* 5(12): 2621- 2624.
- Baum, M., S. Grando, G. Backes, A. Jahoor, A. Sabbagh and S. Ceccarelli. 2003.** QTLs for agronomic traits in the Mediterranean environment identified in recombinant inbred lines of the cross 'Arta' x *H-spontaneum* 41-1. *Theor. Appl. Genet.* 107: 1215–1225.
- Behdani, M. A. and M. Jami Al-Ahmadi. 2011.** Response of spring safflower varieties to different irrigation distance in Birjand. *Iran. J. Field Crops Res.* 8: 315-323. (In Persian with English abstract).
- Brar, D. and G. S. Khosh. 1983.** Wide hybridization and chromosome manipulation in cereals. Pp. 221-263. In: D. A. Evans, W. R. Sharp and P.V. Ammirato (Eds.) *Handbook of Plant Cell Culture*. MacMillan, New York, U.S.A.
- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay. 1966.** *Introduction to Quantitative Genetics*. (4<sup>th</sup> Ed.), Longmans Green, Harlow, Essex, UK. pp. 125-130.
- Farid, N. and P. Ehsanzadeh. 2006.** Yield and yield components of spring-sown safflower genotypes and their response to shading on inflorescence and the adjacent green tissue in Isfahan. *JWSS- Isfahan University of Technology.* 10 (1):189-199. (In Persian with English abstract).
- Farokhnia, M., M. Roshdi, B. Pasban Islam and R. Sasan Dost. 2011.** Evaluation of some physiological characteristics and yield of spring safflower under water stress. *Iran. J. Crop Sci.* 42(3): 545-553. (In Persian with English abstract).
- 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.
- Kafi, M. And A. Damghani, 2000.** *Mechanisms of Stress Tolerance in Plants*. Ferdowsi of Mashhad University Press. (In Persian).
- Kafi, M. and M. Rostami. 2007.** Yield characteristics and oil content of three safflower cultivars and drought in reproductive stage and irrigation with saline water. *Iran. J. Field Crops Res.* 5(1): 121-130. (In Persian with English abstract).

- Khajehpour, M. R. 2005.** Production of Industrial Crop. Jehade\_Daneshgahi Publication, Isfahan Univ. of Technology. (In Persian).
- Karkani, A., B. Bilalis and A. Efthimiadou. 2011.** Architectural plasticity, photosynthesis and growth responses of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) plants to water stress in a semi-arid environment. Aust. J. Crop Sci. 5(4): 369- 374.
- Koocheki, A. M., H. Rashed, M. Nasiri and R. Sadrabadi. 1995.** Principles of Physiology, Growth and Development of Plants. Razavi Press. (In Persian).
- Majidi, M. M., V. Tavakoli, A. F. Mirlohi and M. R. Sabzalian. 2011.** Wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus*): A possible source of drought tolerance for arid environments. Aust. J. Crop Sci. 5: 1055-1063.
- Miladi Lari, A. and P. Ehsanzadeh. 2010.** Negative effect of drought on safflower grain yield through impact on photosynthetic surfaces and on efficiency. Iran. J. Field Crop Sci, 41: 375-384. (In Persian with English abstract).
- Mosallayi, A. A., M. R. Sharifmoghadas and A. H. Omid. 2011.** Evaluation of different irrigation regimes effects on grain yield and some important traits of new Iranian safflower cultivars. Adv. Environ. Biol. 5: 868- 871.
- Mozaffari, K. and A. A. Asadi. 2006.** Relationships among traits using correlation, principal components and path analysis international safflower mutants sown in irrigated and drought stress condition. Asian J. Plant Sci. 5: 977- 983.
- Naderi Baghshahi, M. R., Gh. Noor Mohammadi, A. Majidi, F. Darwish, A. H. Shirani-Rad and H. Madani. 2003.** Effect of drought stress and plant density on Agro-physiological traits of three lines of safflower in summer planting. J. Seed Plant. 2: 281-296. (In Persian with English abstract).
- Naeimi, M., Gh. A. Akbari, A. H. Shirani Rad, S. A. M. Modares Sanavi and S. A. Noori. 2007.** Evaluation some agronomic some morphological and agronomic traits of canola varieties in response to irrigation at reproductive growth stages. J. Agric. Res. Water, Soil & Plant Agric. 7: 223-234. (In Persian with English abstract).
- Oelke, E. A., E. S. Opliner and T. M. Teynor. 2004.** Safflower. University of Minnesota. Pp. 97- 109.
- Omid, A. 2009.** Effect of drought stress at different growth stages on seed yeild and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. J. Seed Plant, 25 (1): 15-31. (In Persian with English abstract).
- Pasban eslami, B., H. Monirifari and M. Taher Chassemi. 2010.** Evaluation of late seasan drought effects on seed and oil yield in spring safflower genotypes. Turk. J. Agric. For. 34: 373- 380.
- Sabzalian, M. R., Gh. Saedi and A. F. Mirlohi, 2010.** Investigation of crossability and interspecific hybrids between cultivated (*Carthamus tinctorius* L) and wild (*C. oxyacantha* Bieb) safflower. Iran. J. Crop Sci. 40 (2): 177-185. (In Persian with English abstract).

- Sharrifmoghaddasi, M. and A. H. Omidi. 2010.** Study of interrupting irrigation effects at different growth stages on grain and oil yield of new safflower varieties. *Adv. Environ. Biol.* 4: 387- 391.
- Talame, V., M. C. Sanguineti, E. Chiapparino, H. Bahri, M. Ben Salem, B. P. Forster, R. P. Ellis, S. Rhouma, W. Zoumarou, R. Waugh and R. Tuberosa. 2004.** Identification of *Hordeum spontaneum* QTL alleles improving field performance of barley grown under rainfed conditions. *Ann. Appl. Biol.* 144: 309–319.
- Tavakoli, V., M. M. Majidi, A. F. Mirlohi and M. R. Sabzalian 2012.** Evaluation of diversity and drought tolerance in cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*C. oxyacanthus*) safflower lines. *Iran. J. Field Crops Res.* 9 (4): 770-777. (In Persian with English abstract).
- Zeinali, A. 2001.** Safflower. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press. (In Persian).

## Evaluation of variation and drought tolerance in F<sub>3</sub> generation of a cross between domesticated (*Carthamus tinctorius* L.) and wild (*C. oxyacanthus* L.) safflower species

Mostafaie, F.<sup>1</sup>, A.F. Mirlohi<sup>2</sup>, Gh. Saiedi<sup>3</sup>, M.R. Sabzalian<sup>4</sup>, P. Asgarinia<sup>5</sup> and M. Gheisari<sup>6</sup>

### ABSTRACT

Mostafaie, F., A.F. Mirlohi, Gh. Saiedi, M.R. Sabzalian, P. Asgarinia and M. Gheisari. 2014. Evaluation of variation and drought tolerance in F<sub>3</sub> generation of a cross between domesticated (*Carthamus tinctorius* L.) and wild (*C. oxyacanthus* L.) safflower species. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 16(3): 165-180. (In Persian).

Safflower with high grain oil quality and good tolerance to environmental stresses can be important for oil seed production. A good source of useful genes for improving cultivars of this plant species is its wild relatives. This experiment was conducted to assess the genetic variation and tolerance to drought stress in F<sub>3</sub> families derived from a cross between domesticated (*Carthamus tinctorius* L.) and wild (*C. oxyacanthus* L.) safflower species using a randomized complete block design with three replications under drought stress and non-stress conditions. High heritability was observed for the studied traits including: days to flowering, days to physiological maturity, plant height, number of branches per plant, number of head per plant, number of grain.head<sup>-1</sup>, 1000-grain weight and grain yield. The highest genetic coefficient of variability belonged to grain yield per plant (41% and 36% in stress and non-stress conditions, respectively). Transgressive segregation was also observed among the F<sub>3</sub> families in both directions and both conditions for most of the traits. The presence of significant genotype by environment interaction for the studied traits implied different reactions of families to drought stress and non-stress conditions. Family 36 with high yield in both stress and non-stress conditions and low reduction in grain yield under drought stress was identified as the superior family. Result of this experiment indicated that there are possibility of improving drought tolerance in safflower genotypes using inter-specific crossing with *Carthamus oxyacanthus* L.

**Key word:** Drought stress, Genetic diversity, Transgressive segregation and Wild safflower.

---

Received: April, 2013

Accepted: September, 2014

1- Former MSc 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-Assistant Prof., Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

5- PhD. Student, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

6-Assistant Prof., Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran