نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۹، شماره ۴ ، سال ۱۳۹۰، ص ۷۷۷-۷۷۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 9, No.4, 2012, p. 770-777

بررسی تنوع ژنتیکی و مقایسه تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius*) و گلرنگ وحشی (*C. oxyacanthus*)

وحید توکلی[۱] – محمد مهدی مجیدی[۲*] – آقافخر میرلوحی[۳] – محمدرضا سبزعلیان[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۲۸

چکیده

به منظور بررسی تحمل به خشکی لاین‌ها، توده‌های گلرنگ اهلی (*Carthamus tinctorius* L.) و گلرنگ وحشی (*C. oxacanthe*) آزمایشی در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. در این آزمایش تعداد ۲۰ ژنوتیپ، شامل ۱۳ توده و لاین اهلی به همراه ۷ توده وحشی در سه سطح رطوبتی شامل بدون تنش (۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) تنش متوسط (۱۳۰ میلی‌مترتبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در قالب سه طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بررسی تنوع ژنتیکی، نشان دهنده تفاوت قابل ملاحظه در بین جمعیت‌های گلرنگ اهلی و وحشی از نظر صفات زراعی و مورفولوژیک بود به عنوان مثال تعداد طبق (غوزه) در بوته ژنوتیپ‌های وحشی نسبت به نمونه‌های اهلی به طور معنی‌داری بیشتر بود که می‌توان از پتانسیل این گونه‌ها برای بهبود ژنتیکی گلرنگ اهلی از طریق هیبریداسیون بین گونه‌ای استفاده کرد. نتایج نشان داد تنش رطوبتی تأثیر معنی‌داری بر تمام صفات مورد بررسی داشت. تفاوت زیادی بین دو گونه اهلی و وحشی از نظر تحمل به تنش خشکی وجود داشت به‌طوری که با افزایش شدت تنش از سطحی به سطح دیگر، عملکرد نمونه‌های اهلی به طور معنی‌داری کاهش یافت در حالی که عملکرد نمونه‌های وحشی در شرایط عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید تفاوت معنی‌داری نشان نداد. نتایج نشان داد که گونه وحشی از نوعی پایداری عمومی تحت شرایط تنش از خود نشان می‌دهند که می‌تواند به عنوان منبع ژنی مفید برای انتقال ژن‌های مقاومت به گونه اهلی مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: پایداری، تحمل به خشکی، گونه وحشی

مقدمه

گلرنگ با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. یکی از گیاهان دانه روغنی است که احتمالا از ایران، ترکیه و هندوستان منشاء گرفته است، به‌طوری که کشور ما از لحاظ ذخایر ژنتیکی این گیاه یکی از غنی ترین مناطق جهان به شمار می‌رود (۳). این گیاه بدلیل کاربردهای متنوع (نظیر استفاده‌های طبی، صنعتی و غذایی) و وجود ویژگی‌های خاص از جمله کیفیت بالای روغن دانه (وجود بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع به خصوص اسید چرب لینولئیک و اولئیک)، مقاومت نسبتاً بالا به شوری و خشکی، سازگاری وسیع به درجه حرارت‌های پائین زمستان و بالای تابستان وفصل رشد کوتاه در کشت تابستانه به عنوان گیاه روغنی با ارزشی مطرح بوده و سطح زیر کشت آن در حال افزایش می باشد (۲ و ۳). اهمیت گلرنگ در گذشته بیشتر به خاطر تهیه رنگ از گل‌های آن بوده است. امروزه هدف اصلی کشت گلرنگ، استخراج روغن از دانه آن می باشد (۴). در ایران علاوه بر گونه زراعی (*Carthamus tinctorius* L.) گونه‌های وحشی آن نیز در بسیاری از مناطق به وفور یافت می‌شود (۱۵). به‌طوری که گونه‌های *C. oxacantha* و *C. lanatus* بیشترین پراکنش، سازگاری و تنوع را با شرایط اقلیمی ایران داشته و به عنوان محتمل‌ترین اجداد گلرنگ به شرایط خشکی از اهمیت و ارزش زیادی برخوردارند و احتمالا بتوان ازآن‌ها در اصلاح گلرنگ و افزایش توسعه کشت آن استفاده نمود.

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که در بسیاری از مناطق جهان و بویژه مناطق گرم و خشک باعث محدود شدن عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (۱۸). یکی از امتیازهای

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و استادیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email : majidi@cc.iut.ac.ir)

ارزشمند گیاه گلرنگ علاوه بر بومی بودن، سازگاری زیاد آن به تنش‌های محیطی است به‌طوری که گلرنگ به واسطه مقاومت به خشکی امروزه به عنوان یک گیاه زراعی در تناوب دیمزارهای مناطق کوهستانی کشور مطرح است (۲۰۰۱). بررسی صورت گرفته روی برخی گیاهان دانه روغنی (گلرنگ، آفتابگردان، سویا و کلزا) نشان داد که ریشه‌های گلرنگ از ظرفیت بیشتر و موثرتری در جهت نفوذ و استخراج آب از خاک زیرین برخوردارند (۱۹). نتایج مطالعات حاکی از آن است که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری بر خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک گلرنگ تأثیرگذاشته (۵، ۶ و ۹) و عملکرد دانه را نیز به‌طور معنی داری کاهش می‌دهد. (۱، ۲۰ و ۲۴). به عنوان مثال ابوالحسنی و سعیدی (۱) در بررسی ۱۲ لاین اصلاحی و ۳ رقم گلرنگ در دو شرایط عادی و تنش خشکی گزارش کردند که عملکرد ژنوتیپ‌ها را به‌طور معنی داری کاهش داد و یک رقم خارجی به عنوان حساسترین ژنوتیپ معرفی گردید. همچنین فتحیان (۶) در بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک گلرنگ گزارش کرد اعمال تنش خشکی باعث کاهش محتوی آب نسبی، میزان فتوسنتز، دوام سطح برگ، محتوی کلروفیل، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد دانه گردید. با توجه به اینکه کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است (۸) شایسته است که تحقیقات در زمینه بررسی میزان تحمل لاین‌های اصلاح شده و گزینش در ژرم‌پلاسم بومی برای ایجاد ژنوتیپ‌های جدید توسعه یابد. همچنین شناسایی سایر منابع ژنی مقاومت به خشکی بویژه در خویشاوندان وحشی می‌تواند زمینه را برای گسترش پایه ژنی ژرم پلاسم اهلی فراهم آورد.

نظر به اینکه گلرنگ وحشی می تواند به عنوان یک منبع ژنی برای انتقال خصوصیات مطلوب به گونه زراعی مطرح باشد، و از طرفی مطالعات اندکی در زمینه ارزیابی میزان تحمل گلرنگ وحشی به تنش خشکی انجام شده است و میزان تحمل آن‌ها با گلرنگ اهلی مقایسه نشده است، این تحقیق با هدف بررسی تنوع ژنتیکی، نحوه واکنش و تحمل به خشکی لاین‌های اصلاحی و توده‌های گلرنگ زراعی (*Carthamus tinctorius*) در مقایسه با توده‌های گونه وحشی (*C. oxacantha*) با استفاده از ارزیابی تحت سه محیط رطوبتی انجام گردید. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در هر گونه زمینه را برای استفاده در طرح‌های بعدی نظیر تلاقی بین گونه‌ای فراهم می آورد.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گلرنگ به تفکیک اهلی وحشی

شماره	گونه	ژنوتیپ	منشاء
۱	*C. tinctorius* اهلی	AC – stirling	کانادا
۲		C111	لاین – اصفهان – کوسه
۳		C4110	لاین – اصفهان – کوسه
۴		M113	لاین – مرکزی
۵		M115	لاین – مرکزی
۶		S149	لاین – اصفهان
۷		S144	لاین – اصفهان
۸		اراک ۲۸۱۱	لاین – اراک
۹		کاشان	کاشان
۱۰		کردستان	کردستان
۱۱		کوسه	کوسه
۱۲		Saffire	کانادا
۱۳		شیراز	شیراز
۱۴	*C. oxyacantha* وحشی	الیگودرز	الیگودرز
۱۵		اراک وحشی	اراک
۱۶		آذری	آذربایجان
۱۷		همدان	همدان
۱۸		کرمانشاه	کرمانشاه
۱۹		لورک	نجف آباد
۲۰		شیراز وحشی	شیراز

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تعداد ۲۰ ژنوتیپ شامل لاین‌های اصلاحی، توده-های بومی گلرنگ زراعی و وحشی (جدول ۱) در سه سطح رطوبتی شامل بدون تنش (۸۰ میلی متراز تشتک تبخیر کلاس A)، تنش متوسط (۱۳۰ میلی متراز تشتک تبخیر کلاس A) و تنش شدید (۱۸۰ میلی متراز تشتک تبخیر کلاس A) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان ارزیابی شدند.

هر سطح تنش بصورت یک آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام و در نهایت بصورت تجزیه مرکب تجزیه و تحلیل انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط ۳ متری بود که در اسفند ۱۳۸۶کشت گردید. روش کاشت بصورت مسطح و نحوه آبیاری بصورت سطحی بود. بر پایه طبقه بندی کوپن این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک و خنک با تابستان‌های خشک می باشد (۱). متوسط بارندگی و درجه حرارت منطقه به ترتیب ۱۴۰ میلی متر و۱۴ درجه سانتی گراد می باشد. خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتیمتر مکعب و اسیدیته ۷/۳ می باشد. هر سه تیمار رطوبتی تا مرحله شروع زایشی (تکمه دهی) به طور همزمان آبیاری شدند و از آن پس آبیاری بر اساس تبخیر از تشت تبخیر کلاس A صورت گرفت. جهت کنترل آب آبیاری از سرریز مستطیل شکل استفاده و برای تعیین حجم آب مورد نیاز در هر آبیاری، قبل از آبیاری نمونه‌برداری از خاک تا عمق ۵۰ سانتی متر انجام گرفت و بر اساس درصد رطوبت وزنی خاک، حجم آب مصرفی از رابطه ۱ محاسبه گردید (۲۳).

رابطه ۱: $W=(FC-\theta)\,DA\rho$

در رابطه فوق، W= حجم آب مصرفی بر حسب متر مکعب، FC= درصد وزن رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه، θ = درصد وزنی رطوبت نمونه خاک، ρ = چگالی خاک مزرعه، D= عمق مؤثرتوسعه ریشه بر حسب متر A = مساحت کرت بر حسب متر مربع می‌باشد. دبی آب سرریز پس از پرشدن جوی آب و ثابت شدن جریان آب سرریز با استفاده از رابطه۲ اندازه‌گیری شد.

رابطه ۲: $Q = 0.0184(L-0.2H)H^{1.5}$

در این فرمول Q= دبی آب ورودی به سرریز مستطیلی بر حسب لیتر در ثانیه، L= طول لبه سرریز برحسب سانتی‌متر و H= ارتفاع آب روی لبه سرریز برحسب سانتی‌متر می‌باشد. پس از تقسیم حجم کل آب لازم بر دبی سرریز مدت زمان ورود آب به هر کرت مشخص شد. زمان لازم برای آبیاری هر کرت با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد. در این رابطه W= حجم آب لازم (لیتر)، Q= دبی آب ورودی (لیتر در ثانیه)، t= مدت زمان آبیاری (ثانیه) می‌باشد.

رابطه ۳: $t = W/Q$

در هر واحد آزمایشی پس از حذف اثر حاشیه، تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و مجموعه ای از خصوصیات فنولوژیک (شامل روز تا شروع گلدهی، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا پایان گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک)، صفات مرفولوژیک و اجزای عملکرد (شامل ارتفاع بوته، تعداد انشعاب از شاخه اصلی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و وزن دانه در طبق) و عملکرد دانه اندازه گیری گردید. تجزیه واریانس ساده برای هر آبیاری ونیز بصورت تجزیه مرکب و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گردید و سپس در صورت معنی‌دار بودن مقدار F، میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD محافظت شده مقایسه شدند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای SAS و Excell استفاده گردید.

ضرایب تنوع فنوتیپی، ضرایب تنوع ژنتیکی و وراثت پذیری عمومی هر صفت از روابط زیر محاسبه گردید:

$$PCV = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\overline{X}} \times 100$$

$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\overline{X}} \times 100$$

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}}$$

در این فرمول‌ها h^2 وراثت پذیری عمومی، σ_g^2 واریانس ژنتیکی، σ_p^2واریانس فنوتیپی، σ_e^2 برآوردی از خطای آزمایش وr تعداد تکرار می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف در نمونه‌های گلرنگ اهلی و وحشی در شرایط عادی (عدم تنش رطوبتی) در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بین ارقام گلرنگ اهلی از نظر تمام صفات مورد بررسی به غیر از تعداد انشعاب از شاخه اصلی تفاوت معنی‌دار وجود داشت. همچنین بین توده‌های وحشی به‌غیر از صفات فنولوژیک (روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی)، تعداد انشعاب از ساقه اصلی و تعداد دانه در طبق تفاوت معنی‌دار وجود داشت. مقایسه نمونه‌های اهلی در برابر وحشی برای تمام صفات مورد مطالعه معنی-دار بود. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که درون هر گونه و بین دو گونه تنوع قابل ملاحظه‌ای وجود دارد که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۳- آمار توصیفی صفات مورد مطالعه گلرنگ در شرایط عادی (بدون تنش) به تفکیک گونه اهلی و وحشی

صفت	دامنه		میانگین		ضریب تغییرات فنوتیپی(٪)		ضریب تغییرات ژنتیکی(٪)		وراثت پذیری عمومی (٪)
	اهلی	وحشی	اهلی	وحشی	اهلی	وحشی	اهلی	وحشی	اهلی
روز تا شروع گلدهی	۶۲-۵۱/۵	۶۶ - ۵۴	۵۸/۵۸	۶۳	۷/۲۸	۸/۶۲	۳/۵۴	۴/۲۴	۲۱/۵۸
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	۷۲ -۵۵/۸	۷۵ /۵۰- ۶۲	۶۶/۴۳	۷۱/۷۶	۸/۶۷	۵/۲۳	۴/۵۶	۱/۹۰	۱۹/۱۱
روزتا پایان گلدهی	۷۹/۶ – ۶۴	۹۱ - ۷۰/۶	۷۵/۶۸	۸۸/۶۹	۱۴/۴۲	۹/۸۰	۷/۹۲	۵/۴۳	۲۷/۸۴
روزتا رسیدگی	۱۰۳ - ۱۰۱ /۵	۱۴۶/۵-۱۱۵	۱۲۱/۱۴	۱۳۶/۵۳	۱۲/۴۲	۹/۹۴	۶/۹۳	۵/۱۴	۳۱/۴۵
ارتفاع (سانتیمتر)	۱۰۴ - ۶۰	۹۳/۵-۵۱/۵	۸۹/۵۹	۷۳/۵۰	۲/۷۸	۲/۲۸	۱/۳۴	۰/۷۰	۳۲/۲۸
انشعاب از شاخه اصلی	۱۳/۲- ۹/۶	۱۳/۴ -۵	۱۱/۳۶	۶/۶۰	۷۷/۲۱	۴/۸۳	۴۲/۸۰	۲/۳۲	۷/۳۶
تعداد طبق در بوته	۴۵/۱ - ۲۸/۸	۱۹۶/۴ -۴۰/۱	۵۰/۵۶	۱۰۹/۸۱	۴۲/۸۹	۴۱/۰۳	۳۷/۰۸	۳۹/۵۴	۸۷/۲۶
تعداد دانه در طبق	۳۲/۱-۱۸	۲۶/۷ - ۲/۵	۲۴/۰۸	۷/۰۷	۱۳/۳۹	۳۲/۰۹	۶/۳۴	۱۰/۵۸	۴۹/۱۳
وزن هزار دانه (گرم)	۴۱/۴ - ۳۰/۵	۳۷/۶ -۱۷/۴	۳۴/۷۹	۲۱/۷۶	۰/۶۶	۰/۷۸	۰/۵۹	۰/۳۲	۲۷/۱۰
وزن دانه در طبق (گرم)	۱/۲ - ۰/۶۷	۰/۹۹ - ۰/۰۶	۰/۸۵	۰/۱۱	۵/۴۰	۲۷/۰۶	۲/۹۰	۱۳/۱۴	۵۷/۹۵
عملکرد دانه در بوته (گرم)	۱۵/۵ - ۵/۵	۱۱/۹۸ - ۱/۴۸	۱۰/۲۳	۴/۷۶	۸/۹۴	۹/۰۹	۵/۸۸	۶/۷۷	۶۰/۶۰
عملکرد بوته درمترمربع (گرم)	۶۱۹/۴ -۲۱۸/۴	۴۷۹/۴۶ -۶۹/۷۲	۴۰۹/۴۴	۱۹۰/۴۵	۵۴/۹۴	۵۳/۲۸	۳۵/۸۸	۳۰/۷۶	۶۱/۵۵

جدول ۲- میانگین مربعات صفات مختلف در گلرنگ زراعی (*C. tinctorius*) و گلرنگ وحشی (*C. oxacantha*) در شرایط محیطی عادی (بدون تنش)

منابع تغییر	درجه آزادی	روزتا ۵۰ درصد گلدهی	روزتا رسیدگی	ارتفاع بوته (cm)	تعداد انشعاب از شاخه اصلی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	وزن دانه در طبق (گرم)	عملکرد دانه در بوته (گرم)	عملکرد در واحد سطح (گرم بر متر مربع)
بلوک	۲	۷۹/۶۶	۵/۴۷	۷۱/۷۲	۰/۴۷	۶۵/۵۳	۶۹/۲۸	۱۵/۴۵	۰/۰۲	۲/۵۲	۴۰۳۸
ژنوتیپ	۱۹	۴۴/۵۱**	۲۶۱/۵**	۴۵۳/۴۷**	۲۱/۳۹**	۶۲۱۲/۵۲**	۲۶۵/۸۸**	۱۳۷**	۰/۴۴**	۴۸/۰۸**	۷۰۵۴۲**
اهلی	۱۲	۳۱/۵۴**	۱۳۷/۸۰**	۲۹۴/۱۱**	۶^{ns}	۲۱۶/۹۲**	۵۹/۶۲**	۲۵/۶۲*	۰/۰۸**	۲۸/۸۳**	۴۶۱۴۱**
وحشی	۶	۱۹/۷۷$^{n.s}$	۷۶/۸۹^{ns}	۳۹۶/۵**	۸/۳^{ns}	۵۳۱۹/۳*	۳۲/۷$^{n.s}$	۴۵**	۰/۰۰۴*	۲۲/۴۷**	۳۵۹۷۵**
اهلی در برابر وحشی	۱	۳۲۲*	۲۶۰۸**	۲۲۶۹/۲**	۲۶۹/۸۷**	۸۵۱۹۶**	۳۸۹۳**	۱۹۳۳**	۶/۸۹**	۳۲۶**	۵۲۳۲۳۴**
اشتباه آزمایشی	۳۸	۲۴/۴۷	۷۹/۳۱	۱۲۳/۵۵	۵	۶۴۲/۶۹	۱۸/۸۳	۱۲/۰۴	۰/۰۲	۳/۰۷	۴۹۲۰
ضریب تغییرات(٪)	-	۷/۰۳	۷/۱۳	۱۲/۱	۲۱/۸۸	۲۲	۲۱/۷۱	۱۰/۹۶	۲۲/۲۱	۱۹/۶۶	۱۹/۶

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ٤- میانگین مربعات صفات در تجزیه مرکب برای سه سطح رطوبتی در گلرنگ

منابع تغییر	درجه آزادی	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	روز تا پایان گلدهی	روزتا رسیدگی دانه	ارتفاع بوته (cm)	انشعاب از شاخه اصلی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	وزن دانه در طبق(گرم)	عملکرد دانه در بوته (گرم)	عملکردبوته در مترمربع (گرم)
محیط رطوبتی	۲	۸۱۰/۸۷**	۲۲۸۷/۶**	۶۵۶۳/۲**	۵۲۳/۱۷**	۴۰/۳۴**	۵۷۱۷/۷۷**	۹۰/۹۵*	۵۷/۵۵**	۰/۱۷**	۳۶۹/۷۵**	۵۹۱۴۶۸/۶**
تکرار در محیط رطوبتی	۶	۴۳/۱۵	۶۹/۴۱	۱۱۳/۳۷	۵۰/۷۲	۴/۹۹	۳۴۵/۵۱	۳۹/۷۴	۶/۳۳	۰/۰۳	۰/۹۹	۱۵۹۳/۶۳
ژنوتیپ	۱۹	۱۳۲/۷۷**	۳۵۸/۸۲**	۶۹۵/۷۳**	۱۰۱۸/۴۳**	۳۰/۶۴**	/۹۳** ۲۰۵۴۵	۶۷۰/۲۳**	۴۰۲/۱**	۱/۰۶**	۳۳/۳۶**	۵۳۳۹۰/۰۱**
ژنوتیپ×محیط رطوبتی	۳۸	۱۳/۵۰n.s	۲۱/۴۲n.s	۵۰/۹۴n.s	۷۱/۴۰n.s	۸/۰۵**	۷۳۱/۰۶**	۲۱/۲۰n.s	۱۱/۸۳n.s	۰/۰۲n.s	۱۴/۲۵**	۲۲۸۱۶/۶۳**
اشتباه آزمایشی	۱۱۴	۱۷/۰۴	۱۹/۹۸	۴۷/۴۴	۶۸/۹	۳/۳	۳۳۰/۷۷	۲۳/۱۶	۸/۰۸	۰/۰۲	۱/۸۸	۳۰۱۳/۱۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۶/۴۴	۶/۱۷	۶/۰۶	۱۰/۱۷	۱۹/۱۸	۳۱/۷۲	۲۶/۶۱	۹/۴۲	۲۶/۵۷	۲۴/۲۵	۲۴/۲۵

n.s، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

آمار توصیفی صفات اندازه‌گیری شده (جدول۳) نشان دادکه زمان وقوع مراحل زایشی (تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا پایان گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی) در ژنوتیپ-های اهلی از ژنوتیپ‌های وحشی کمتر بود. به عنوان مثال دامنه صفت روز تا رسیدگی برای ژنوتیپ‌های اهلی ۱۰۱ تا ۱۰۳ روز و برای ژنوتیپ‌های وحشی ۱۱۵ تا ۱۴۶/۵ روز متغیر بود که نشان می دهد ژنوتیپ‌های وحشی به مراتب دیررس‌تر از ژنوتیپ‌های اهلی می‌باشند. دامنه تعداد انشعاب از شاخه اصلی نسبت به سایر صفات برای هر دو گونه تقریبا به هم نزدیک بود. از نظرصفات تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و وزن دانه در طبق ژنوتیپ‌های اهلی برتر از نمونه‌های وحشی بودند. اگرچه ژنوتیپ‌های وحشی از نظرعملکرد دانه در واحد سطح از دامنه وسیعتری برخوردار بودند (۶۹ تا ۴۷۹ در وحشی در مقایسه با ۲۱۸ تا ۶۱۹ در اهلی)، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های اهلی به مراتب بیشتر از ژنوتیپ‌های وحشی بود. همچنین اگرچه میانگین تعداد طبق در بوته در ژنوتیپ‌های وحشی (۱۰۹) بیش از دو برابر ژنوتیپ‌های اهلی (۵۰) بود، با این حال ژنوتیپ‌های وحشی عملکرد کم‌تری نسبت به ژنوتیپ‌های اهلی داشتند (۱۹۰ در برابر ۴۰۹ گرم در متر مربع). علت این موضوع ممکن است قطر غوزه کمتر و تعداد بذر کمتر در غوزه باشد (۲۲). با توجه به اینکه تعداد طبق در بوته از اجزاء مهم عملکرد است (۱۳)، بنابراین پتانسیل ژنتیکی گونه وحشی از نظر این صفت می‌تواند در اصلاح گیاه گلرنگ اهلی و از طریق تلاقی بین گونه‌ای مورد توجه قرارگیرد.

بر اساس ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی (جدول ۳) بیشترین تنوع در نمونه‌های اهلی برای صفات تعداد انشعاب از شاخه اصلی، تعداد طبق در بوته و عملکرد در واحد سطح بود. در نمونه‌های وحشی تنوع تعداد طبق در بوته، وزن دانه در طبق و عملکرد بوته در واحد سطح بیشترین مقدار بود (جدول ۳). وراثت پذیری عمومی برای صفات تعداد طبق در بوته (۸۷ درصد)، تعداد دانه در طبق (۴۹ درصد)، وزن دانه در طبق (۵۷ درصد)، عملکرد دانه در بوته (۶۰ درصد) و عملکرد در واحد سطح (۶۱ درصد) بیشترین مقدار بود. وجود دامنه وسیع برای صفات مختلف نشان دهنده تنوع بالا بین و درون دوگونه اهلی و وحشی مورد مطالعه است که می‌تواند کارایی روش‌های اصلاحی را در بهبود این صفات نشان دهد. وراثت پذیری بالا برای برخی صفات حاکی از بالا بودن بازده ناشی از گزینش در بهبود این صفات خواهد بود.

نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف در جدول ۴ نشان داده شده‌است. اثر محیط‌های رطوبتی مختلف بر کلیه صفات معنی دار بود. همچنین تأثیر ژنوتیپ بر کلیه صفات در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط رطوبتی برای عملکرد، تعداد طبق در بوته و انشعاب از شاخه اصلی نشان می‌دهد

که واکنش ژنوتیپ‌ها در سطوح رطوبتی مختلف متفاوت بوده است. مقایسه میانگین خصوصیات مختلف به تفکیک گونه گیاهی (اهلی و وحشی) به همراه درصد کاهش هر صفت در شرایط بدون تنش در مقایسه با تنش متوسط در جدول ۵ و در مقایسه با تنش شدید در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که در هر سه محیط رطوبتی (عادی، تنش متوسط و تنش شدید) نمونه‌های وحشی از نظر صفات فنولوژیک (روز تا شروع گلدهی، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا پایان گلدهی و روز تا رسیدگی) و تعداد طبق در بوته به طور معنی‌داری مقادیر بیشتری را به خود اختصاص دادند. نتایج درصد کاهش صفت برای هر دو سطح تنش (جدول ۵ و ۶) نشان داد که تنش خشکی در ژنوتیپ‌های اهلی و وحشی باعث کاهش معنی‌داری در صفات فنولوژیک گردید. تسریع در وقوع مرحله زایشی و کوتاه تر شدن طول دوره رشد باعث می‌گردد که گیاه فرصت کم‌تری برای انجام فتوسنتز و سنتز ذخیره غذایی داشته باشد و در نهایت موجب کاهش عملکرد گردد. اگرچه بین زودرسی وعملکرد بالقوه رابطه معکوس وجود دارد، زودرسی راهکاری است که گیاه بوسیله آن می تواند از تنش خشکی آخر فصل فرار کند (۱۲). در این پژوهش نیز طول دوره گلدهی و کاشت تا رسیدگی ژنوتیپ‌های تحت تنش، برای فرار از استرس خشکی کم‌تر شد. تأثیر تنش خشکی بر کاهش زمان گلدهی و رسیدگی در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (۵، ۶ و ۹).

برای ژنوتیپ‌های اهلی میزان کاهش ارتفاع در دو سطح تنش متوسط و شدید به ترتیب ۹/۵ و ۵/۵ درصد بود (جداول ۵ و ۶). همچنین تنش خشکی تأثیر زیادی بر اجزای عملکرد دانه در ژنوتیپ-های اهلی داشت به‌طوری که در تنش متوسط و شدید میانگین تعداد طبق در بوته بیش از ۵۰ درصد کاهش نشان داد. درصد کاهش تعداد دانه در طبق از ۱/۲۴ درصد در تنش متوسط تا ۱۵/۹ درصد در تنش شدید متغیر بود. با این وجود وزن هزار دانه از جمله خصوصیاتی بود که در ژنوتیپ‌های اهلی کمتر تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار گرفت به‌طوری که درصد کاهش آن در تنش متوسط و شدید به ترتیب ۰/۴۳ تا ۶ دصد بود. کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش رطوبتی در دیگر گیاهان از جمله کلزا و گندم نیز گزارش گردیده است (۱۴ و ۱۷). در مطالعه پاندی و همکاران (۲۱) تنش رطوبتی موجب کاهش تعداد غلاف سویا که از اجزا عملکرد به حساب می‌آید، گردید. فرید و احسان زاده (۷) نیز در مطالعه خود کاهش معنی‌دار تعداد طبق در اثر تنش رطوبتی را در گلرنگ گزارش کردند. ابل (۱۰) نیز در مطالعه خود مشاهده کرد تنش خشکی در گلرنگ باعث کاهش تعداد طبق در بوته در مقایسه با شرایط بدون تنش می‌گردد.

در ژنوتیپ‌های وحشی برای برخی از صفات روند معکوسی مشاهده گردید به عنوان مثال میزان وزن دانه در طبق، درشرایط تنش متوسط ۰/۱۸ درصد و در تنش شدید ۱۰۰ درصد افزایش یافت (جداول ۵ و ۶). علت این امر می تواند ناشی از این باشد که گلرنگ وحشی به آبیاری زیاد حساسیت دارد بنابراین تیمار آبیاری کامل و حتی تنش متوسط روی برخی اجزای عملکرد تأثیر منفی گذاشته است. مشاهدات ظاهری در طول دوره آزمایش نیز نشان داد که در شرایط مزرعه گیاهان وحشی تا چند روز پس از آبیاری دچار پژمردگی می‌شد و این شرایط در سطح بدون تنش به علت آبیاری بیشتر مشهودتر بود.

جدول۷ مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها به تفکیک هر محیط رطوبتی، مقایسه میانگین محیط‌های رطوبتی و اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط رطوبتی برای عملکرد و اجزا عملکرد دانه در نمونه‌های گلرنگ اهلی و وحشی را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می شود تنش رطوبتی علاوه بر عملکرد دانه، مهمترین اجزاء عملکرد (تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه) را نیز به طور معنی داری کاهش داد. همچنین نتایج حاکی از آن است که در شرایط بدون تنش از بین ژنوتیپ‌های وحشی، توده آذری و در بین ژنوتیپ‌های اهلی، لاین C4110 بیشترین عملکرد را دارا بود در حالی که ژنوتیپ شیراز وحشی ازگروه وحشی‌ها و رقم AC-Stirling ازگروه اهلی‌ها کمترین عملکرد را داشتند. در شرایط تنش متوسط توده کاشان و رقم AC-Stirling به ترتیب بیشترین و کم ترین عملکرد را در گروه اهلی‌ها دارا بودند و در بین وحشی‌ها، توده الیگودرز بیشترین و شیراز وحشی کمترین میزان عملکرد در واحد سطح را داشتند. در تنش شدید لاین C111 بیشترین و توده شیراز دارای کمترین میزان عملکرد در واحد سطح بودند و در بین ژنوتیپ‌های وحشی، اراک وحشی بیشترین و شیراز وحشی کمترین مقدار عملکرد را دارا بودند (جدول ۷). ارقامی که در شرایط با رطوبت مناسب و نیز در شرایط کم آبیاری عملکرد با ثبات‌تری داشته باشند به عبارت دیگر تفاوت عملکرد آن‌ها در هر دو شرایط حداقل باشد، و از طرفی میزان عملکرد آن‌ها نیز قابل توجه باشد، مقاومت نسبی بیشتری به خشکی خواهند داشت (۱۶). بر این اساس در این مطالعه در هر دو سطح تنش رطوبتی ارقام اهلی کاشان و M113 به عنوان ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا و عدم حساسیت به تنش شناسایی شدند. از بین توده‌های وحشی توده لورک به عنوان بهترین ژنوتیپ برای مقاومت به تنش رطوبتی معرفی می‌شود.

نتیجه گیری کلی

در مجموع نتایج نشان داد که درون ارقام اهلی و وحشی گلرنگ مورد مطالعه، تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه اا‌ز نظر صفات مختلف و نیز تحمل به تنش خشکی وجود دارد که می تواند برای اهداف اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین تفاوت زیادی بین دو گونه اهلی و وحشی از نظر تحمل به تنش خشکی مشاهده گردید به‌طوری که با

افزایش شدت تنش از سطحی به سطح دیگر، عملکرد نمونه‌های اهلی به طور معنی‌داری کاهش یافت در حالی که نمونه‌های وحشی تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفتند. این نتایج نشان می‌دهد که گونه وحشی نوعی پایداری عمومی تحت شرایط تنش از خود نشان می‌دهند بنابراین می‌توانند به عنوان منبع ژنی مفید برای انتقال ژن-های مقاومت به گونه اهلی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۵- مقایسه میانگین گونه اهلی و وحشی گلرنگ و درصد کاهش هر صفت در شرایط بدون تنش در مقایسه با تنش متوسط

صفت	بدون تنش			تنش متوسط			درصد کاهش صفت		
	اهلی	وحشی	کل	اهلی	وحشی	کل	اهلی	وحشی	کل
روز تا شروع گلدهی	۵۸/۵۸^{b}	۶۳^{a}	۵۹/۶۴	۵۵/۹۷^{b}	۵۹/۷۵^{a}	۵۷/۲۷	۴/۴۵	۵/۱۸	۴
روزتا ۵۰٪ گلدهی	۶۶/۴۳^{b}	۷۱/۷۶^{a}	۶۷/۷۲	۶۲/۰۵^{b}	۶۹/۵۵^{a}	۶۴/۵۹	۶/۰۶	۵/۱۵	۴/۶۲
روزتا پایان گلدهی	۷۵/۶۸^{b}	۸۸/۶۹^{a}	۷۸/۸۱	۶۸/۰۵^{b}	۸۱/۳۵^{a}	۷۲/۵۵	۱۰	۸/۲۷	۷/۹۴
روزتا رسیدگی	۱۲۱/۱۴^{b}	۱۳۶/۵۳^{a}	۱۲۴/۸۵	۱۰۶/۷۹^{b}	۱۲۶/۳^{a}	۱۱۳/۴۰	۱۱/۸۴	۷/۴۹	۹/۱۷
ارتفاع(cm)	۸۹/۵۹^{a}	۷۳/۵^{b}	۸۵/۷۱	۸۱/۸۷^{a}	۷۰/۰۷^{b}	۷۷/۸۷	۹/۴۶	۴/۶۶	۹/۱۴
انشعاب از شاخه اصلی	۱۱/۳۶^{a}	۶/۶۰^{b}	۱۰/۲۲	۹/۸۳^{a}	۶/۵۹^{b}	۸/۷۳	۱۳/۴۶	۱/۵۱	۱۴/۵
تعداد طبق در بوته	۵۰/۵۶^{b}	۱۰۹/۸۱^{a}	۶۴/۸۲	۲۱/۶۷^{b}	۱۲۶/۰۳^{a}	۵۷	۵۷/۱۴	−۱۴/۷۷	۱۲/۰۶
تعداد دانه در طبق	۲۴/۰۸^{a}	۷/۰۷^{b}	۱۹/۹۹	۲۳/۷۷^{a}	۶/۹^{b}	۱۸/۰۶	۱/۲۴	۲/۴	۹/۶۵
وزن هزار دانه(گرم)	۳۴/۷۹^{a}	۲۱/۷۶^{b}	۳۱/۶۵	۳۴/۹۴^{a}	۲۰/۴^{b}	۳۰/۰۱	۰/۴۳	۶/۲۵	۵/۱۸
وزن دانه در طبق(گرم)	۰/۸۵^{a}	۰/۱۱^{b}	۰/۶۷	۰/۸۲^{a}	۰/۱۳^{b}	۰/۵۹	۳/۳۵	−۰/۱۸	۱۱/۹۴
عملکرد دانه در بوته(گرم)	۱۰/۲۳^{a}	۴/۷۶^{b}	۸/۹۱	۵/۵۹^{a}	۳/۰۸^{b}	۴/۷۴	۴۵/۳۵	۳۵/۲۹	۴۶/۸۰
عملکرد بوته در واحد سطح (گرم در مترمربع)	۴۰۹/۴۴^{a}	۱۹۰/۴۵^{b}	۳۵۶/۷	۲۲۳/۶۱^{a}	۱۲۳/۵۲^{b}	۱۸۹/۶۸	۴۵/۳۸	۳۵/۱۴	۴۶/۸۲

برای هر صفت میانگین‌های دارای حرف مشترک برای هر صفت در هر سطح تنش، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

جدول ٦- مقایسه میانگین گونه اهلی و وحشی گلرنگ و درصد کاهش صفت بدون تنش، در مقایسه با تنش شدید

صفت	بدون تنش			تنش شدید			درصد کاهش صفت		
	اهلی	وحشی	کل	اهلی	وحشی	کل	اهلی	وحشی	کل
روز تا شروع گلدهی	۵۸/۵۸^{b}	۶۳^{a}	۵۹/۶۴	۵۲/۷۹^{b}	۵۷/۱۹^{a}	۵۴/۳	۹/۲۲	۸/۹۵	۹/۸۸
روزتا ۵۰٪ گلدهی	۶۶/۴۳^{b}	۷۱/۷۶^{a}	۶۷/۷۲	۵۸/۵۸^{b}	۶۳/۴۲^{a}	۶۰/۲۸	۱/۱۶	۱۰/۹۸	۱۱/۸۱
روزتا پایان گلدهی	۷۵/۶۸^{b}	۸۸/۶۹^{a}	۷۸/۸۱	۶۳/۷۱^{b}	۷۱/۷۱^{a}	۶۶/۵۱	۱۹/۱۴	۱۵/۶۰	۱۵/۸۱
روزتا رسیدگی	۱۲۱/۱۴^{b}	۱۳۶/۵۳^{a}	۱۲۴/۸۵	۹۹/۳۳^{b}	۱۱۲^{a}	۱۰۳/۷۸	۱۷/۹۶	۱۶/۸۷	۱۸
ارتفاع(cm)	۸۹/۵۹^{a}	۷۳/۵^{b}	۸۵/۷۱	۸۴/۶۸^{a}	۷۵/۴۸^{b}	۸۱/۴۶	−۲/۶۹	۴/۹۵	۵/۴۸
انشعاب از شاخه اصلی	۱۱/۳۶^{a}	۶/۶۰^{b}	۱۰/۲۲	۸/۵^{a}	۸/۱۸^{b}	۸/۳۹	−۲۳/۹۳	۱۷/۹	۲۵/۱۷
تعداد طبق در بوته	۵۰/۵۶^{b}	۱۰۹/۸۱^{a}	۶۴/۸۲	۲۳/۲۶^{b}	۱۰۲/۲۳^{a}	۵۰/۹۰	۶/۹	۲۱/۴۷	۵۳/۹۹
تعداد دانه در طبق	۲۴/۰۸^{a}	۷/۰۷^{b}	۱۹/۹۹	۲۰/۲۵^{a}	۹/۲۱^{b}	۱۶/۳۸	−۳۰/۵۷	۱۸/۰۵	۱۵/۹
وزن هزار دانه(گرم)	۳۴/۷۹^{a}	۲۱/۷۶^{b}	۳۱/۶۵	۳۲/۶۹^{a}	۲۲/۰۷^{b}	۲۸/۹۷	−۱/۴۲	۸/۴۶	۶/۰۳
وزن دانه در طبق(گرم)	۰/۸۵^{a}	۰/۱۱^{b}	۰/۶۷	۰/۶۷^{a}	۰/۲۲^{b}	۰/۵۱	−۱۰۰	۲۳/۸۸	۲۱/۱۷
عملکرد دانه در بوته(گرم)	۱۰/۲۳^{a}	۴/۷۶^{b}	۸/۹۱	۳/۸۲^{a}	۲/۵۳^{b}	۳/۶۲	۳۱/۷۲	۵۹/۳۷	۶۲/۶۵
عملکرد بوته در متر مربع (گرم)	۴۰۹/۴۴^{a}	۱۹۰/۴۵^{b}	۳۵۶/۷	۱۵۳/۰۴^{a}	۱۳۰/۱۰^{b}	۱۴۵	۳۱/۷۳	۵۹/۴۶	۶۲/۶۲

منابع

۱- ابوالحسنی، خ. و ق. سعیدی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های گلرنگ براساس شاخص‌های تحمل و حساسیت بـه تـنش رطـوبتی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰: ۴۰۷-۴۱۹.

۲- امیدی تبریزی، ا .ج. و م. ر. احمدی. ۱۳۷۸. چکیده سه دهه تحقیقات گلرنگ، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات دانه روغنی.

۳- پورداد، س.س. ۱۳۸۵. گلرنگ. (تالیف لی داجو و اچ اچ ماندل). انتشارات سپهر.

۴- زینلی، ا.، ۱۳۷۸. گلرنگ (شناخت، تولید و مصرف)، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۵- عسیسی، م.، ۱۳۸۵. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر رشد رویشی و زایشی گلرنگ، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشـاورزی، دانشـگاه صنعتی اصفهان.

۶- فتحیان، ش.، ۱۳۸۷. محدودیت‌های فیزیولوژیک فتوسنتز در گلرنگ تحت دو رژیم متفاوت رطوبتی، پایـان نامـه کارشناسـی ارشـد زراعـت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۷- فرید، ن. و پ. احسان زاده، ۱۳۸۵ عملکرد و اجزا عملکرد در ژنوتیپ‌های گلرنگ و پاسخ آن‌ها به تیمار سایه اندازی روی گل‌آذیـن و بـرگ-های مجاور آن در شرایط کشت بهاره در اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰: ۱۸۹-۱۹۷.

۸- کریمی، م. ۱۳۶۶. آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

۹- نادری باغشاهی، م. ر.، ق. نورمحمدی، ا. مجیدی، ف. درویش، ا. ح. شیرانی راد و ح. مدنی، ۱۳۸۳. بررسی اثر تنش خشکی و تراکم بوتـه بـر صفات اکوفیزیولوژیکی سه لاین گلرنگ در کاشت تابستانه در اصفهان. نهال و بذر. ۲۹۶ :۲-۲۸۱.

10- Abel, G. H. 1976. Effects of irrigation regimes, planting date, nitrogen level, and spacing on safflower cultivars. Agron. J. 68: 442-447.

11- Akhtarbeg. H., and M. Pala. 2001. Prospects of safflower (*Carthamus tinctorius*) production in Dryland Areasof Iran .Vth Int . safflower Conf. Montana., U.S.A. July 23-27.

12- Arora, A., R. K. Sairam and G. C. Srivastava. 2002. Oxidative stress and antioxidative systems in plants. Curr. Sci. 82: 1227-1238.

13- Ashri, A., D.E. Zimmer, A.L. Urie and P.F. Knowels. 1975. Evalution of germplasm collection of safflower, (*Carthamus tinctorius* L.), VI. Length of planting to flowering period and plant height, Theor. Appl. Genet. 46: 359-364.

14- Cham olivier, L. and A. Merrien. 1966. Effects of water stress applied at different growth stage of *Brassica napus* L. var Oleifera on yield, component and seed quality. Eur. J. Agron. 5: 153-160.

15- Dittrich, M., F. Petrak, K. H. Rechinger and G. Wagenitz. 1979. Compositae Cynareae. In: Rechinger K H (Ed.), Flora Iranica. pp. 139-468.

16- Fischer, R.A. and R. Mourer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar, I: Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.

17- Hu, Y. C., H. B. shao, L. Y. chu and w. Gang. 2006. Relationship between water use efficiency (WUE) and production of different wheat genotypes at soil water deficit. Colloids and surfaces. Biointerfaces. 53: 271-277.

18- Matthew, A. J., P. M. Hasegawa, and S. Mohan Jain. 2008 Advances in Molecular Breeding toward Drought and Salt Tolerant Crops. Springer press. 817 pages

19- Merrill, S. D., D. L. Tanaka, J. M. Krupinsky and R. E. Ries. 2001. Safflower root growth and water use in comparison with other crops. Vth international safflower conference, Williston, N. D., U. S. A. 227-231.

20- Nimje, P. M. 1991. Influence of irrigation and nitrogen on water use, yield and oil content of safflower. Indian. J. Agron. 36: 165-168.

21- Pandy, R. K., W. A. T. Herrara, A. N. villegas and J. W. Pendelton. 1984. Drought responses of grain legumes under irrigation gradiant. Agron. J. 76: 557-560.

22- Sabzalian, M. R., A. F. Mirlohi., G. Saeidi and M. T. Rabbani. 2009. Genetic variation among population of wild safflower, *Carthamus oxyacantha* analyzed by agro-morphological traits and ISSR markers. Genet. Res. Crop Evol. 56: 1057-1064.

23- Walker, W.R., and G.V. Skogerboe. 1987. Surface irrigation: Theory and practice. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

24- Zaman, A. P. and P. K. Das. 1999. Effect of irrigation and nitrogen on yield and quality of safflower. Indian J. Agron. 36: 177-179