

بررسی تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ زراعی (*Carthamus tinctorius* L.)

پونه لطفی^۱، قاسم محمدی نژاد^۲، پوران گلکار^{۳*}

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد واحد جیرفت

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- استادیار پژوهشکده زیست فناوری و مهندسی زیستی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ وصول: ۹۱/۴/۷

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۳

چکیده

به منظور بررسی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. سطوح آبیاری (۷۰، ۱۲۰، ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) به عنوان عامل اصلی و ده ژنوتیپ مختلف گلرنگ به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی صفات به جز ارتفاع تا شاخه اصلی به طور معنی داری تحت تاثیر تیمار آبیاری قرار گرفتند. همچنین، ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ برای کلیه صفات مورد مطالعه روند متفاوتی داشتند. اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری در رقم برای صفات تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در بوته و عملکرد دانه معنی دار شد. عملکرد دانه با ارتفاع بوته، تعداد شاخه اصلی، تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی داری داشت. ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی توسط شاخص‌های کمی تحمل به خشکی شامل MP، GMP، STI، SSI و TOL صورت گرفت. در این پژوهش ژنوتیپ‌های اصفهان ۱۴ و ۱۹۱-۲۲ بر اساس شاخص STI متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند و ژنوتیپ‌های ۴۳۳-۷ و گل سفید بر اساس TOL و SSI واجد بیشترین مقدار بودند که حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تحمل، خشکی، گلرنگ، عملکرد

مقدمه

در شرایط کنونی که جهان در بحران کم آبی به سر می‌برد به نظر می‌رسد مهمترین چالش بشر در قرن بیست و یکم چالش تغییر اقلیم، خشکی، روند رو به رشد جمعیت و در نتیجه کمبود مواد غذایی خواهد بود (۴). خشکسالی و تنش حاصل از آن یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را در کشور ما، با محدودیت روبرو می‌سازد (۱). دانه‌های روغنی مهم‌ترین منبع تولید روغن خوراکی می‌باشند میزان مصرف روغن خوراکی در کشور ما بیش از یک میلیون تن در سال بوده و از این مقدار ۹۰ تا ۹۵ درصد از طریق واردات تامین می‌شود که سالانه بیش از یک میلیارد دلار از کشور خارج می‌شود (۳). روغن گلرنگ با دارا بودن ۷۳ الی ۸۵ درصد اسید چرب لینولئیک در کاهش کلسترول خون نقش اساسی ایفا می‌کند و از لحاظ کیفیت جزء برترین روغن‌های گیاهی محسوب می‌شود (۱۶) و (۲۰).

هامرونی و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند خشکی منجر به کاهش ارتفاع گیاه می‌شود زیرا تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها در اثر کاهش فشار اسمزی درون سلول کاهش می‌یابد. در مطالعه هاشمی دزفولی (۱۹۹۴) تنش خشکی باعث کاهش معنی دار ارتفاع بوته، گل دهی زودتر، رسیدگی سریع تر و کاهش عملکرد گردید. در تحقیق لاولی و همکاران (۲۰۰۷) تغییر معنی داری در شاخص برداشت در شرایط پنج رژیم آبیاری متفاوت مشاهده نشد، اما عملکرد دانه در تنش شدید کاهش زیادی نشان داد. ریچاردز و همکاران (۲۰۰۲) معتقدند شاخص برداشت در شرایط خشکی تابع مقدار آب استفاده شده پس از گرده افشانی بوده که هرچه بیشتر باشد شاخص برداشت نیز بیشتر خواهد بود.

تحقیقات اسنل و همکاران (۲۰۰۸) در مورد اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه در مناطق مختلف، نشان می‌دهد که عملکرد دانه گلرنگ از ۱ تا ۳/۳ تن در هکتار متغیر است. بیاواس و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی

عملکرد و اجزای عملکرد ۲۶ رقم، لاین و جمعیت گلرنگ در دو سال در شرایط نیمه خشک مشاهده کردند ارقام Hama, Syria و Hartinan و لاین S-541-2 دارای بیشترین عملکرد دانه و لاین‌های S-541-2 و S-250540 بیشترین محتوای روغن بودند.

هدف از تهیه ارقام متحمل به خشکی، شناسایی و معرفی ارقامی می‌باشد که در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل می‌کنند و در شرایط یکسان افت عملکرد کمتری داشته باشند (۳۷). دنسیس و همکاران (۲۰۰۰) بیان نمودند که انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش رطوبتی می‌تواند منجر به کاهش عملکرد در محیط‌های مساعد و بدون تنش گردد. در تحقیقات انجام شده توسط دانشیان و جنوبی (۲۰۰۸) سه شاخص MP^1 ، GMP^2 و SSI^3 را به عنوان کاراترین شاخص‌ها در ارزیابی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در آفتابگردان گزارش کردند. سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که انتخاب بر اساس شاخص MP زمانی مطلوب است که شدت تنش و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و دارای تنش رطوبتی زیاد نباشد. اکوستا و آدامز (۱۹۹۱) بیان کردند که ترتیب طبقه بندی بر اساس GMP با ترتیب طبقه بندی بر اساس شاخص SSI متفاوت است.

این پژوهش در راستای دستیابی به اهداف زیر طرح‌ریزی شد:

- ۱- تعیین بهترین ارقام متحمل به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های متحمل به تنش
- ۲- تعیین بهترین شاخص تحمل به تنش ارقام گلرنگ
- ۳- تعیین ارتباط بین عملکرد و اجزای عملکرد با استفاده از ضریب همبستگی و رگرسیون گام به گام.

- 1-Mean Productivity
- 2- Geometric Mean Productivity
- 3- Stress Susceptibility Index

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ در مرحله زایشی در سال زراعی ۸۹-۹۰ آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه جیرفت (عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی) صورت گرفت. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند

از: سطوح آبیاری (۷۰، ۱۲۰، ۱۷۰) میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ (لاین ۱۹۱-۲۲، لاین ۴۳۳-۷، اصفهان ۲۸، اصفهان ۱۴، رقم اراک ۲۸۱۱، رقم گلدشت، گل سفید و توده‌های بومی شیراز، کاشان و اصفهان). قبل از اجرای طرح به منظور شناخت و تعیین بافت و خصوصیات شیمیایی خاک اقدام به نمونه برداری از خاک مزرعه گردید که ویژگی‌های آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	pH	هدایت الکتریکی (EC)	نیترژن قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاس قابل جذب (ppm)	بافت خاک
۰-۳۰	۸/۵	۱/۸۵	۰/۰۰۲	۷	۲۱۰	شنی-لومی

در هر کرت آزمایشی ۴ خط به طول ۳ متر با فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر، فاصله کرت‌ها از هم ۵۰ سانتی‌متر و فاصله تکرارها از هم یک متر در نظر گرفته شد. سطوح آبیاری در کرت اصلی و تیمار ژنوتیپ در کرت فرعی اعمال شد. آبیاری به صورت قطره‌ای اعمال شد. مطابق با نیاز خاکی و نتایج آزمایش خاک، قبل از کاشت ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ کیلوگرم اوره، فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به خاک اضافه شد. فواصل آبیاری از کاشت تا مرحله ساقه دهی (قبل از مرحله تکمه‌دهی) به طور متوسط ۴ تا ۵ روز یکبار با توجه به درجه حرارت هوا و شرایط جوی در نظر گرفته شد. در هر دور آبیاری رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی رسید. عملیات تنک کردن در مرحله ۴-۲ برگی صورت گرفت. وجین علف هرز در طی دوره رشد به طور کامل اعمال گردید. در این تحقیق صفات اندازه‌گیری شده بر روی ۱۰ بوته به صورت تصادفی صورت گرفت و عملکرد دانه در سطح برداشت یک متر مربع اندازه‌گیری شد.

شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به خشکی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها به شرح زیر محاسبه شد:

شاخص تحمل (TOL) و میانگین تولید (MP) که توسط روزیل و همبلین (۱۹۸۱) پیشنهاد گردید و با توجه به روابط زیر محاسبه شدند: $TOL = (Yp - Ys)$ و $MP = (Yp + Ys) / 2$ ، به ترتیب عملکرد یک ژنوتیپ را در شرایط بدون تنش و دارای تنش نشان می‌دهد. مقادیر زیاد TOL بیانگر حساسیت بیشتر و مقادیر بالای MP بیانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ به شرایط تنش می‌باشد.

۲. شاخص حساسیت به خشکی (SSI) توسط فیشر و مورر (۱۹۷۸) پیشنهاد شد و به صورت زیر محاسبه شد:

$$SSI = \frac{1 - \left[\frac{YS}{YP} \right]}{SI}$$

SI (Stress Intensity) برابر شدت تنش: $SI = 1 - \left[\frac{YS}{YP} \right]$ متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط دارای تنش رطوبتی و YP برابر متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش می‌باشد. در بین طیفی از ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌هایی که مقدار SII کمتری دارند، تحمل بیشتری به شرایط تنش دارند.

معنی داری وجود نداشت، ولی اثر ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ بر ارتفاع تا شاخه اصلی معنی دار شد (جدول ۲). توده شیراز با میانگین ارتفاع ۶۴/۶۲ بیشترین ارتفاع و اراک ۲۸۱۱ با میانگین ارتفاع ۴۲/۳۴ و لاین ۴۳۳-۷ با میانگین ارتفاع ۳۹/۹۳ دارای کمترین ارتفاع بوته بودند (جدول ۳). بنا به عقیده بهدانی و جامی الاحمدی (۱۳۸۷) بیشتر بودن این صفت در یک رقم نشانگر طولانی‌تر بودن دوره رشد آن نسبت به دیگر ارقام می‌باشد.

تعداد شاخه اصلی در بوته تحت تاثیر سطوح آبیاری مختلف قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) مشاهده شد (جدول ۲). در میان ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ از نظر تعداد شاخه اصلی اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) مشاهده شد به طوری که بیشترین تعداد شاخه اصلی به ژنوتیپ اصفهان ۲۸ و کمترین تعداد شاخه اصلی به رقم گلدشت تعلق داشت (جدول ۳). در میان سطوح آبیاری مختلف سطح آبیاری ۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۱۵/۲۲ بیشترین تعداد شاخه اصلی و سطح آبیاری ۱۷۰ میلی متر با میانگین ۹/۳ کمترین تعداد شاخه اصلی در بوته را داشتند (جدول ۴). تحت شرایط افزایش فواصل آبیاری تعداد سلول‌های آغازین تشکیل شده جهت تولید انشعابات اولیه ساقه کاهش می‌یابد و در نتیجه به کاهش تعداد شاخه اصلی در بوته در گیاه می‌انجامد (۱۹).

صفت تعداد شاخه فرعی در بوته از نظر تشکیل تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه نقش مهمی دارد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفت تعداد شاخه فرعی در بوته نسبت به سطوح مختلف آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). اثر متقابل سطوح آبیاری در رقم بر تعداد شاخه فرعی معنی‌دار (در سطح احتمال ۱ درصد) شد (جدول ۲)، که این مطلب حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ در سطوح آبیاری مختلف بود. ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ از لحاظ تعداد شاخه فرعی در بوته اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) نشان

۳. میانگین هندسی عملکرد (GMP) در دو محیط بدون تنش و دارای تنش که توسط فرناندز (۱۹۹۲) پیشنهاد شده و به صورت $GMP = \sqrt{Yp \times Ys}$ محاسبه می‌شود و مقادیر بالای این شاخص برای یک ژنوتیپ، بیانگر تحمل بیشتر آن به تنش می‌باشد.

۴. در شاخص تحمل به تنش فرناندز (STI) که به صورت

$$STI = \left[\frac{Yp}{\bar{Yp}} \right] \left[\frac{Ys}{\bar{Ys}} \right] \left[\frac{Ys}{\bar{Yp}} \right] = \frac{(Yp)(Ys)}{(\bar{Yp})^2}$$

محاسبه می‌شود،

مقادیر بالای STI برای یک ژنوتیپ، نشان دهنده تحمل بیشتر آن به تنش است.

تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SAS و SPSS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش نشان داد که سطوح مختلف آبیاری تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت (جدول ۱) در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته مشاهده شد، به طوری که ژنوتیپ بومی اصفهان بیشترین و ژنوتیپ‌های ۴۳۳-۷، گل سفید و گلدشت کمترین ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۳). سطوح آبیاری ۷۰ و ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A به ترتیب بیشترین (۱۴۱/۳۲ سانتی متر) و کمترین (۱۰۳/۴۶ سانتی متر) ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۴). هامرونی و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند خشکی منجر به کاهش ارتفاع گیاه می‌شود و این کاهش ارتفاع ناشی از کاهش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها در اثر کاهش فشار اسمزی درون سلول کاهش می‌باشد. کاهش ارتفاع گیاه به موازات افزایش تنش خشکی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه تنش خشکی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به اندام‌های در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع نسبت داد (۹).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از نظر ارتفاع تا شاخه اصلی در بین سطوح مختلف آبیاری اختلاف

دادند، به طوری که بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته به ژنوتیپ اصفهان ۲۸ و کمترین تعداد شاخه فرعی به ژنوتیپ‌های اراک ۲۸۱۱ و گلدشت تعلق داشت (جدول ۳). سطح آبیاری ۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۳۱/۰۶ بیشترین و سطح آبیاری ۱۷۰ میلی متر تبخیر با ۸/۵ کمترین تعداد شاخه فرعی را داشتند (جدول ۴). اغلب محققان در مورد ژنتیکی بودن این صفت اتفاق نظر دارند و آن را متأثر از ژنوتیپ می‌دانند (۲۴).

سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) بر تعداد طبق در بوته داشت (جدول ۲). اثر متقابل سطوح آبیاری مختلف در رقم معنی‌دار (در سطح احتمال ۱ درصد) شد. در بین ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ از نظر تعداد طبق در بوته اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه به ژنوتیپ‌های اراک ۲۸۱۱ و گلدشت و کمترین وزن هزار دانه به ژنوتیپ‌های توده شیراز، توده کاشان، اصفهان ۱۴، و اصفهان ۲۸ تعلق داشت (جدول ۳). بررسی‌ها نشان می‌دهند که وزن هزار دانه گلرنگ وابسته به ژنوتیپ است (۱۴). سطح آبیاری ۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۳۹/۱۷ بیشترین و سطح آبیاری ۱۷۰ میلی متر تبخیر با ۳۰/۴۵ کمترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۴). کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی در گیاه گلرنگ در مطالعه ابوالحسنی و سعیدی (۱۳۸۵)، فرید و احسان زاده (۱۳۸۵) و ایری و فرنچ (۱۹۶۹) نیز مشاهده شد.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). به نظر می‌رسد در مرحله رشد زایشی گیاه اعمال تنش خشکی منجر به کاهش دوره پر شدن دانه، کوچک شدن دانه‌ها، کاهش تعداد دانه و کاهش وزن دانه‌ها می‌شود و در نتیجه کاهش عملکرد حاصل می‌شود. اثر متقابل سطوح آبیاری در رقم برای عملکرد دانه معنی‌دار (در سطح احتمال ۱ درصد) شد (جدول ۲). عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) نشان داد، به طوریکه اصفهان

سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) بر تعداد طبق در بوته داشت (جدول ۲). اثر متقابل سطوح آبیاری مختلف در رقم معنی‌دار (در سطح احتمال ۱ درصد) شد. در بین ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ از نظر تعداد طبق در بوته اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) مشاهده شد، به طوریکه ژنوتیپ اصفهان ۲۸ بیشترین و ژنوتیپ اراک ۲۸۱۱ کمترین تعداد طبق در بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در میان سطوح آبیاری مختلف سطح آبیاری ۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۳۰/۰۵ بیشترین و سطح آبیاری ۱۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۹/۵۹ کمترین تعداد طبق در بوته را داشتند (جدول ۴). هر عاملی مانند آبیاری که فرصت رشد بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد، موجب شکل‌گیری مکان‌های بالقوه بیشتری جهت تولید طبق در روی گیاه، از طریق افزایش ارتفاع، انشعابات جانبی دوره رشد خواهد شد (۲). ابل (۱۹۷۵ و ۱۹۷۶) و کافی و رستمی (۱۳۸۶) با مطالعه تنش خشکی بر روی گلرنگ، کاهش تعداد طبق در بوته را مشاهده کردند.

تعداد دانه در طبق تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). در میان ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ از نظر تعداد دانه در طبق اختلاف بسیار معنی‌داری مشاهده گردید به طوری که ژنوتیپ اصفهان ۱۴ با میانگین ۳۰/۷۷ بیشترین و ژنوتیپ‌های اراک ۲۸۱۱ و گل سفید کمترین تعداد دانه در طبق را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در میان سطوح آبیاری، سطح ۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۲۹/۸۸ و سطح ۱۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین

میانگین ۲۰/۴۷ بیشترین و سطح آبیاری ۱۷۰ میلی متر تبخیر با ۸/۸۸ کمترین شاخص برداشت را داشتند (جدول ۴). این نتایج با گزارش ریچاردز و همکاران (۲۰۰۲) و فرز و همکاران (۱۹۸۶) مطابقت دارد.

همبستگی بین عملکرد و صفات زراعی گلرنگ

بین ارتفاع بوته و ارتفاع تا شاخه اصلی، تعداد شاخه اصلی، تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی دار (در سطح احتمال ۱ درصد) مشاهده شد (جدول ۵) و بین ارتفاع تا شاخه اصلی و وزن هزار دانه همبستگی منفی و معنی دار (در سطح احتمال ۱ درصد) مشاهده شد (جدول ۵). بالاتر بودن ارتفاع بوته و طبق بندی در گلرنگ ضمن اینکه برداشت مکانیزه را بهبود می‌بخشد، با بالاتر بودن طول ساقه به عنوان مخزن موقت ذخیره مواد کربوهیدراتی غیر ساختاری، امکان انتقال مقدار بیشتری از کربوهیدرات‌ها را به ویژه در شرایط تنش خشکی به دانه‌ها در طول دوره پر شدن فراهم می‌سازد (۲۴). با بررسی جدول ضرایب همبستگی بین صفات مشخص گردید که بین صفت تعداد شاخه فرعی و صفات ارتفاع، تعداد شاخه اصلی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی دار (در سطح احتمال ۱ درصد) وجود دارد (جدول ۵). عملکرد دانه به عنوان یکی از مهم‌ترین صفات مورد بررسی با صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی داری (در سطح احتمال ۱ درصد) نشان داد (جدول ۵)، بنابراین، هر سه جز عملکرد تاثیر معنی داری بر عملکرد نشان دادند. معمولا هر شاخه اصلی یا فرعی در گیاه روغنی گلرنگ به طبق ختم می‌شود، افزایش تعداد طبق در بوته و شاخه فرعی می‌تواند یکی از دلایل افزایش عملکرد باشد. و همچنین عملکرد با سایر صفات به جز ارتفاع تا شاخه اصلی نیز همبستگی مثبت و معنی دار (در سطح احتمال ۱ درصد) نشان داد (جدول

۱۴ با میانگین ۲/۳۳ تن در هکتار بیشترین و گلدشت با میانگین ۱/۲ تن در هکتار کمترین مقدار عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۳). سطح آبیاری ۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۳/۶ تن در هکتار بیشترین و سطح آبیاری ۱۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۰/۴۶ تن در هکتار کمترین میزان عملکرد دانه را داشتند (جدول ۴).

مطابق با نتایج جدول تجزیه واریانس، صفت عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر سطوح آبیاری قرار گرفت و در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲). اشکانی و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند صفت عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت و باعث کاهش معنی دار آن شد. بین ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۲). ژنوتیپ بومی اصفهان، اصفهان ۲۸، ۱۹۱-۲۲ و اصفهان ۱۴ بیشترین و ژنوتیپ گل سفید کمترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در میان سطوح آبیاری مختلف سطح آبیاری ۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۱۷/۶۹ تن در هکتار بیشترین و سطح آبیاری ۱۷۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۶/۰۱ تن در هکتار کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول ۴).

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد صفت شاخص برداشت تحت تاثیر سطح آبیاری قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). همچنین، نادر درباغشاهی و همکاران (۱۳۸۴) اظهار داشتند شاخص برداشت معیاری از کارایی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه است. در تحقیقات ایشان شاخص برداشت تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت و در سطح ۱ درصد معنی دار گردید. بین ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی داری (در سطح احتمال ۱ درصد) مشاهده شد، به طوریکه ۴۳۳-۷ بیشترین و اصفهان ۲۸ کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص داد (جدول ۳). در میان سطوح آبیاری سطح آبیاری ۷۰ میلی متر تبخیر با

عملکرد در شرایط تنش (YS) همبستگی منفی نشان دادند یعنی مقادیر بالای TOL و SSI بیانگر عملکرد پایین در شرایط تنش است (جدول ۷). بنابراین، بر اساس این دو شاخص ژنوتیپ‌های حساس یعنی ۴۳۳-۷ و گل سفید انتخاب شدند. از طرفی انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل بر اساس GMP و STI انجام می‌گیرد که هم در شرایط تنش و هم نرمال همبستگی معنی‌داری دارند. در این پژوهش ژنوتیپ‌های اصفهان ۱۴ و ۱۹۱-۲۲ بر اساس شاخص STI و GMP بهترین ژنوتیپ‌ها بودند و علاوه بر این که بیشترین تحمل را به تنش رطوبتی داشتند، بیشترین عملکرد دانه را نیز در هر دو رژیم رطوبتی دارا بودند. نتایج غالب تحقیقات بیانگر این مطلب است که شاخص STI و GMP مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها متحمل به خشکی است (۸ و ۲۶).

۵). نتایج به دست آمده با نتایج محققان دیگر بر روی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ (ابلی، ۱۹۶۹، سولانکی و پالیوال، ۱۹۷۹، براتولن، ۱۹۹۳) مطابقت دارد.

بررسی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

شاخص‌های تحمل به خشکی بر اساس عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش خشکی و شرایط نرمال محاسبه و در جدول ۶ بیان شده است. نتایج همبستگی فنوتیپی بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده و عملکرد در شرایط تنش و نرمال (جدول ۷) نشان داد که شاخص‌های TOL، MP، GMP و STI دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) با عملکرد در شرایط نرمال هستند. شاخص‌های TOL و SSI با

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف زراعی اندازه گیری شده در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات (MS)											
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع تا شاخه اصلی	تعداد شاخه اصلی	تعداد شاخه فرعی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۷۵۰۶/۵۴۹۷**	۵۵۱/۵۷۲۳**	۱۰۱/۵۸۲۸**	۲۲۲/۲۳۳۲**	۱۱/۱۴۸۳ ^{ns}	۶۵/۹۱۶۵*	۱۹۶/۳۲۶۲**	۰/۰۱۲۹ ^{ns}	۱۰۲/۳۲۱۸**	۲۷۰/۲۵۰۴**
ژنوتیپ	۹	۲۱۶۶/۸۲۷۷**	۶۲۱/۲۷۵۸**	۳۵/۹۷۷۵**	۴۸۶/۴۸۶۵**	۲۰۸/۰۷۲۴**	۲۵۴/۵۵۴۱**	۱۵۵/۴۷۱۲**	۱/۴۲۰۶**	۲۳/۶۴۳۷**	۳۹/۲۶۵**
خطای a	۱۸	۱۱۷/۲۷۹	۵۸۳۴۴۵	۵/۶۰۵۳	۲۳/۵۴۶۶	۱۶/۱۵۷	۲۶/۴۳۲۹	۱۳/۲۲۹۶	۰/۱۳۲۸	۵/۰۶۷۷	۶/۷۲۱۲
سطوح آبیاری ژنوتیپ ×	۲	۱۱۲۷۵/۰۰۵۷**	۲۴۵/۵۵۶۵ ^{ns}	۲۶۹/۴۳۷۶**	۴۰۴۳/۴۷۰۹**	۳۶۵۹/۰۲۵۳**	۱۲۱۳/۹۶۶۳**	۵۹۳/۹۳۲۶**	۷۰/۷۲۱۸**	۱۰۲۵/۶۲۱۲**	۱۰۲۷/۸۸۷**
سطوح آبیاری	۱۸	۱۰۷/۰۴۷۶ ^{ns}	۱۱۰/۵۱۴۸ ^{ns}	۱۰/۸۶۴۱ ^{ns}	۱۰۹/۴۸۰۴**	۸۱/۰۱۳۹**	۲۳/۰۵۸۸ ^{ns}	۱۰/۷۶۱۱ ^{ns}	۰/۹۴۷۴**	۱۰/۲۹۳۷ ^{ns}	۱۱/۲۸۷۱ ^{ns}
خطای b	۴۰	۹۴/۷۹۸۹	۱۲۰/۸۰۴۹	۸/۰۷۲۸	۲۶/۸۰۸۶	۲۰/۶۳۸	۲۰/۵۶۶	۱۸/۴۵۸۸	۰/۱۹۵۶	۷/۶۶۰۱	۱۴/۸۰۸۲
ضریب تغییرات		۷/۸۰۱۳	۲۱/۰۱۶۳	۲۲/۶۵۸۶	۲۷/۹۴۰۱	۲۵/۳۷۶۹	۲۰/۰۰۴	۱۲/۱۶۳۵	۲۴/۵۹۴۵	۲۳/۶۱۸۸	۲۷/۰۹۷۲

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف اندازه گیری شده در ژنوتیپهای مختلف گلرنگ

صفات										
شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک (هکتار/تن)	عملکرد دانه (هکتار/تن)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در طبق	تعداد طبق در بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد شاخه اصلی	ارتفاع شاخه اصلی (cm)	ارتفاع بوته (cm)	ژنوتیپ
۱۲/۷۳۳ ^c	۱۲/۱۹۵ ^{ab}	۱/۶۷۷۵ ^{cd}	۳۲/۹۴۶ ^d	۲۸/۸۹ ^{ab}	۱۶/۵۳۳ ^{bc}	۱۶/۹۳۳ ^c	۱۱/۰۶۷ ^{cd}	۴۶/۶۲۲ ^a	۱۲۹/۳۶۷ ^b	توده شیراز
۱۵/۳۴۹ ^{a-c}	۱۳/۰۲۳ ^a	۲/۱۹۲۲ ^{ab}	۳۳/۲۵۶ ^{cd}	۲۷/۲۱۲ ^{a-c}	۱۶/۱۱۱ ^{bc}	۱۷/۱۵۶ ^c	۱۲/۶۴۴ ^{bc}	۶۰/۲۷۲ ^{ab}	۱۳۵/۲۲۲ ^{ab}	۲۲-۱۹۱
۱۷/۳۵۳ ^a	۱۰/۲۸۹ ^{bc}	۲/۰۶۱۷ ^{ab}	۳۷/۴۷۴ ^b	۲۲/۲۴۱ ^{cd}	۲۰/۳۳۳ ^b	۲۱/۵۱۱ ^{bc}	۱۱/۴۶۷ ^{cd}	۳۹/۹۳۳ ^e	۱۰۷/۵۱۱ ^c	۴۳۳-۷
۱۴/۴۶ ^{bc}	۱۱/۹۷۷ ^{ab}	۱/۸۷۷۳ ^{bc}	۳۲/۱۱۱ ^d	۲۲/۶۲۲ ^{cd}	۱۸/۲ ^b	۲۵/۰۸۹ ^b	۱۴/۱۵۶ ^{ab}	۵۵/۲۵۶ ^{bc}	۱۳۷/۲ ^{ab}	توده کاشان
۱۵/۳۴۹ ^{ab}	۱۲/۹۴۵ ^a	۲/۳۳۱۶ ^a	۳۱/۶۴۷ ^d	۳۰/۷۷ ^a	۱۹/۹۷۸ ^b	۲۰/۳۵۶ ^{bc}	۱۳/۶۴۴ ^{a-c}	۵۷/۱۴۴ ^{a-c}	۱۳۸/۷۸۹ ^{ab}	اصفهان ۱۴
۱۴/۷۲۷ ^{a-c}	۹/۱۹۷ ^c	۱/۵۴۷۷ ^{c-e}	۳۶/۸۱۷ ^{bc}	۱۴/۱۶۷ ^e	۱۹/۱۵۶ ^b	۱۹/۵۵۶ ^c	۱۲/۵۳۳ ^{bc}	۵۲/۵۱۱ ^{bc}	۱۱۳/۳۸۹ ^c	گل سفید
۱۵/۱۰۱ ^{a-c}	۱۳/۷۴۴ ^a	۲/۱۰۵ ^{ab}	۳۲/۰۴۷ ^d	۲۳/۷۳۹ ^{b-d}	۱۹/۱۳۳ ^b	۲۰/۵۶۱ ^{bc}	۱۴/۹۸۹ ^{ab}	۵۷/۷ ^{a-c}	۱۴۱/۸۲۲ ^a	بومی اصفهان
۱۲/۸۵۹ ^c	۹/۹۷۹ ^{bc}	۱/۴۳۰۵ ^{de}	۴۱/۱۴ ^a	۱۶/۳۵۳ ^e	۱۱/۵۸۳ ^d	۶/۸۱۷ ^d	۹/۹۱۷ ^d	۴۲/۳۴۱ ^e	۱۰۵/۱ ^c	اراک ۲۸۱۱
۹/۷۴۴ ^d	۱۳/۴۲۲ ^a	۱/۵۱۸۱ ^{c-e}	۳۲/۵۴۷ ^d	۲۱/۹۹۲ ^{cd}	۲۶/۳۱۳ ^a	۳۰/۶ ^a	۱۵/۳۱۱ ^a	۵۰/۳ ^{cd}	۱۳۶/۱۲۲ ^{ab}	اصفهان ۲۸
۱۳/۷۹ ^{bc}	۱۰/۴۱۱ ^{bc}	۱/۲۰۳ ^e	۴۳/۲۳۳ ^a	۱۸/۷۱۷ ^{de}	۱۲/۶۴۴ ^{cd}	۸/۰۷۸ ^d	۹/۶۶۷ ^d	۴۲/۹ ^{de}	۱۰۳/۵۲۲ ^c	گلدشت

ns* و** به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی دار، تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می باشند

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در میزان تبخیر بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن

صفات										
میزان تبخیر	ارتفاع (cm)	ارتفاع تا شاخه اصلی	تعداد شاخه اصلی در بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	شخص برداشت
۷۰ میلیمتر تبخیر	۱۴۱/۳۲ ^a	۴۹/۱۶۶ ^a	۱۵/۲۲۵ ^a	۳۱/۰۶۲ ^a	۳۰/۰۵۲ ^a	۲۹/۸۸۹ ^a	۳۹/۱۷۲ ^a	۳/۶۰۲۰ ^a	۱۷/۶۹۷ ^a	۲۰/۴۷۶۷ ^a
۱۲۰ میلیمتر تبخیر	۱۲۹/۶۳۳ ^b	۵۴/۷۷۳ ^a	۱۳/۰۸۶۷ ^b	۱۶/۴ ^b	۱۵/۸۸۷ ^b	۲۰/۲۳۹ ^b	۳۶/۳۴۳ ^b	۱/۴۴۷ ^b	۱۱/۴۴۴۸ ^b	۱۳/۲۳۷۷ ^b
۱۷۰ میلیمتر تبخیر	۱۰۳/۴۶ ^c	۵۲/۹۵۵ ^a	۹/۳۰۶۷ ^c	۸/۵۵ ^c	۸/۵۷۷ ^c	۱۷/۸۸۳ ^b	۳۰/۴۵ ^c	۰/۴۶۵۴ ^c	۶/۰۱۲۶ ^c	۸/۸۸۹۳ ^c

ns * و ** به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی دار، تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می باشند

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه گیری شده در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ

ارتفاع (cm)	ارتفاع تا شاخه اصلی (cm)	تعداد شاخه اصلی	تعداد شاخه فرعی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (هکتار/تن)	عملکرد بیولوژیک (هکتار/تن)	شاخص برداشت
ارتفاع	۱								
ارتفاع تا شاخه اصلی	۰/۳۶۶ ^{**}	۱							
تعداد شاخه اصلی	۰/۷۹ ^{**}	۰	۱						
تعداد شاخه فرعی	۰/۶۸ ^{**}	-۰/۰۳	۰/۷۹ ^{**}	۱					
تعداد طبق در بوته	۰/۶۰ ^{**}	-۰/۱۰	۰/۴۷ ^{**}	۰/۹۵ ^{**}	۱				
تعداد دانه در طبق	۰/۴۸ ^{**}	۰/۱۳	۰/۳۲ ^{**}	۰/۵۲ ^{**}	۰/۵۴ ^{**}	۱			
وزن هزار دانه	-۰/۱۵ ^{**}	-۰/۴۲ ^{**}	-۰/۰۶ ^{**}	۰/۰۱	۰/۲۱ [*]	۰/۱۲	۱		
عملکرد دانه	۰/۴۹ ^{**}	-۰/۱۴	۰/۴۸ ^{**}	۰/۵۷ ^{**}	۰/۶۴ ^{**}	۰/۵۸ ^{**}	۰/۵۱ ^{**}	۱	
عملکرد بیولوژیک	۰/۵۷ ^{**}	-۰/۰۶ ^{**}	۰/۵۰ ^{**}	۰/۵۲ ^{**}	۰/۵۷ ^{**}	۰/۴۳ ^{**}	۰/۴۲ ^{**}	۰/۸۶ ^{**}	۱
شاخص برداشت	۰/۱۷	-۰/۱۸	۰/۲۲ [*]	۰/۴۴ ^{**}	۰/۵۶ ^{**}	۰/۶۰ ^{**}	۰/۵۴ ^{**}	۰/۶۴ ^{**}	۰/۴۷ ^{**}

جدول ۶- بررسی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

STI	SSI	GMP	MP	TOL	YP	YS	
۰/۳۷۴	۰/۸۰۶۴	۲/۲۱۱۱	۲/۳۲۷۴	۱/۴۵۲۸	۳/۰۵۳۸	۱/۶۰۱	توده شیراز
۰/۵۹۴۴	۱/۰۲۲۵	۲/۷۸۷۶	۳/۰۹۰۷	۲/۶۶۹۷	۴/۴۲۵۶	۱/۷۵۵۹	22-191
۰/۵۱۵۸	۱/۳۳۸۱	۲/۵۹۶۷	۳/۴۲۵۱	۴/۴۶۷	۵/۶۵۸۷	۱/۱۹۱۶	7-433
۰/۴۲۰۳	۱/۰۱۴۷	۲/۳۴۴	۲/۵۹۲۴	۲/۲۱۴۸	۳/۶۹۹۹	۱/۴۸۵	توده کاشان
۰/۶۸۲۵	۰/۹۷۳	۲/۹۸۶۹	۳/۲۶۳	۱/۳۱۳۵	۴/۵۷۶۶	۱/۹۴۹۵	اصفهان ۱۴
۰/۲۱۵۷	۱/۳۰۲۲	۱/۶۷۹۳	۲/۱۴۸۳	۲/۶۷۶۹	۳/۴۸۸۱	۰/۸۰۸۵	گل سفید
۰/۴۶۱۸	۰/۸۷۴۵	۲/۴۵۷	۲/۶۲۰۴	۱/۸۲۱۷	۳/۵۳۱۳	۱/۷۰۹۵	بومی اصفهان
۰/۲۷۱۱	۰/۷۸۷۹	۱/۸۸۲۷	۱/۹۷۵۴	۱/۱۹۶۱	۲/۵۷۳۵	۱/۳۷۷۳	اراک ۲۸۱۱
۰/۲۸۱۴	۱/۰۸۶۶	۱/۹۱۸۲	۲/۱۷۵۴	۲/۰۵۲۴	۳/۲۰۱۷	۱/۱۴۹۲	اصفهان ۲۸
۰/۲۱۴۹	۰/۴۳۸۱	۱/۶۷۶۱	۱/۶۹۴۹	۰/۵۰۳	۱/۹۴۶۴	۱/۴۴۳۴	گلدشت

ns و * و ** به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی دار، وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می باشند

جدول (۷) ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های گلرنگ

STI	SSI	GMP	MP	TOL	YP	YS	
						۱	YS
					۱	۰/۱۲	YP
				۱	۰/۸۱**	۰/۳۸**	TOL
			۱	۰/۶۳*	۰/۹۵**	۰/۴۰	MP
		۱	۰/۹۲**	۰/۳۲	۰/۷۷**	۰/۷۱*	GMP
	۱	۰/۲۷*	۰/۵۶	۰/۸۶**	۰/۷۵*	-۰/۴۵	SSI
۱	۰/۲۶	۰/۹۹**	۰/۹۲**	۰/۳۰	۰/۷۷**	۰/۷۱*	STI

ns و * و ** به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی دار، وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می باشند...

منابع:

- ۹- نادری درباغشاهی، م. ر.، نورمحمدی، ق.، مجیدی، ا.، درویش، ف.، شیرانی راد، ا. ح. و مدنی، ح. ۱۳۸۴. بررسی عکس العمل گلرنگ تابستانه به شدت های مختلف تنش خشکی در منطقه اصفهان. مجله علوم زراعی ایران، ۷(۳): ۲۲۵-۲۱۲.
- 10- Abel, G. H. 1969. An analysis of yield components in safflower. Res. Cnf., Proc. Brd, Univ. of California, Davis. P:18-22.
- 11- Able, G. H. 1975. Growth and yield of safflower in three temperature regimes. Agron. J. 67:639-642.
- 12- Able, G. H. 1976. Effects of irrigation regimes, planting date, nitrogen levels, and spacing on safflower cultivars. Agron. J., 68:448-451.
- 13- Acosta-Gallegos J. A. and M. W. Adams. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean cultivars under drought stress. Journal of Agricultural Science, 117:213-219.
- 14- Alizadeh, K. and Carapetian, J. 2006. Genetic variation in safflower germplasm grown in rainfall cold drylands. J. Agron., 5: 50-52.
- 15- Ashkani, J., Pakniyat, H., Emam, Y., Assad, M. T. and Bahrani, M. J. 2007. The Evaluation and Relationships of some Physiological Traits in Spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Stress and Non-stress Water Regimes. J. Agric. Sci. Technol., 9: 267-277.
- 16- Anonymous, 1999, The review of natural products, facts and comparisons Awolters Kluwer Co.1-3.
- 17- Beyyavas, V., Haliloglus, H., Copur, O., and Yilmaz, A. 2011. Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars; lines and populations under the semi-arid Conditions. South African Journal of Biotechnology, 10:527-534.
- 18- Bratulan, C. 1993. Studies of some genetic resources under rain condition in m12oldavia Proceedings of the third International Safflower Conference, China.9-13 June. pp. 196-205.
- 19- Cox, W. J. and Jollif, G. D. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agronomy Journal, 78, 266-230.
- 20- Dajue L. I and Mundel H. H. 1996. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)
- ۱- ابوالحسنی، خ. ق. سعیدی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به تنش خشکی لاین‌های گلرنگ بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۳): ۴۰۷-۴۱۸.
- ۲- بهدانی، م. ع. و م. جامی الاحمدی. ۱۳۸۷. ارزیابی رشد و عملکرد ارقام گلرنگ در تاریخ‌های مختلف کاشت. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۶(۲): ۲۴۵-۲۵۴.
- ۳- رضایی، ع. م. و ع. ا. تبریزی. ۱۳۸۸. بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم بوته (فاصله روی ردیف) بر عملکرد و خصوصیات رشد رویشی کلزا، رقم ریجنت در مازندران. مجله علمی تخصصی کشاورزی شماره ۱۹۵.
- ۴- رحیمی، ا. و م. شمس‌الدین سعید. ۱۳۸۹. استراتژی‌های بهبود مصرف آب در شرایط تنش خشکی. مجله علمی تخصصی کشاورزی، شماره ۲۱۱.
- ۵- سرمدنیا، ع. ح.، ع. کوچکی. ۱۳۷۶. جنبه‌های فیزیولوژی زراعت دیم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۲۴.
- ۶- فرید، ن. و احسان زاده، پ. ۱۳۸۵. عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ و پاسخ آن به تیمار سایه اندازی روی گل آذین و برگ‌های مجاور آن در شرایط کشت بهاره در اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۱۸۹-۱۹۸.
- ۷- کافی، م. و م. رستمی. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی در مرحله رشد زایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن سه رقم گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۵(۱): ۱۲۱-۱۳۱.
- ۸- مظفری، ک.، عرشی، ی.، و زینالی خانقاه، ح. ۱۳۷۵. بررسی اثر تنش خشکی در برخی از صفات مورفوفیزیولوژیکی و اجزای عملکرد آفتابگردان. مجله نهال و بذر، جلد ۱۲، شماره ۳: ۳۳-۲۴.

- safflower aerial parts. INRST, Laboratoire d'adaptation et d'melioration des Plantes, BP 95 2050, Hammam-Lif, Tunisia, 95: 21-52.
- 29- Hashemidezfuli, A. 1994. Growth and yield of safflower affected by drought stress. *Crop Research Hasar*, 7:313-319.
- 30-Lovellh, S., Perniola, M., Ferrara, A., and Tommaso, D. T. 2007. Yield response factor to water(Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agricultural water Management* 92:37-80.
- 31- Momen, N. N., Carlson, R. E., Shaw, R. H. and Arjmand, o. 1979. Moisture stress effects on the yield components of two soybean cultivars. *Agronomy journal*, 71. 87-90.
- 32-Paliwals, R. V. and Solanki, Z. S. 1984. Path coefficient analysis in safflower. *Madras Agric. J.*, 71(4):257-258.
- 33- Richards, R. A., G. J. Rebetzke, A. G. Condon and A. F. Van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci.*, 42:111-121.
- 34- Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci.*, 21:943-946.
- 35-Sio-Semardeh, A., Ahmadi, A. Poostini, K. and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Res.*, 98: 222-229.
- 36- Solanaki, Z. S., and Paliwal, R. V. 1979. Correlation and path analysis in safflower. *Agronomy Journal*, 66: 558-560.
- 37- Srivastava, J. P, E. Acevedo and S. Varma. 1987. *Drought Tolerance in Winter Cereal*. John Wiley Pub., USA.
- promoting the conservation and use underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, Gatesleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 83P.
- 21-Dencic. S., Kastori, R. Kobiljski, B. and Duggan, B. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica* 113: 43-52.
- 22- Daneshian, J., and Jonoubi, P. 2008. Evaluation of sunflower new hybrids tolerance to water deficit stress. *Proceedings of the 5th International Crop Science Congress*. Jejo, Korea. Page 189.
- 23- Erie, L. J. and French, O. F. 1969. Growth, yield, and yield components of safflower as affected by irrigation regimes. *Agronomy Journal*, 61, 111-113.
- 24- Esendal, E., Istanbuluoglu, A., Arslana, B. and Paşaa, C. 2008. Effect of water stress on growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.). 7th International safflower conference. Australia.
- 25- Fereres, E., Gimenez, C., and Fernandez, J. M. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought, I: Yield relationships. *Aust. J. Agric. Res.*, 37: 573-582.
- 26-Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. PP. 257-270. In: Kuo, C. G., Kuo. (Eds) *Adaptation of Food Crops to Temperature and Water- Stress*. AVRDC, Shanhu, Taiwan.
- 27- Fischer, R. A. and Mourer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar, I: Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 897- 912.
- 28- Hamrouni, I., Salah, h. and Marzouk, B., 2001. Effects of water-deficit on oil of

Evaluation of drought tolerance in different genotypes of the Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

Poune Lotfi ¹, Ghasem Mohammadi-Nejad ² and Pooran Golkar ^{3*}

1-Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Islamic Azad University - Jiroft branch, Jiroft-Iran.

2- Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

3- Institute of Biotechnology and Bioengineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Received: 06/27/2012

Accepted: 12/23/2012

Abstract

This experiment was conducted to evaluate drought tolerance of different safflower genotypes as a split-plot experiment based on a complete block design with three replications. The main plot was irrigation at three levels on the basis of 70, 120 and 170 mm cumulative evaporation from Class A pan and ten different genotypes of the Safflower were considered as subplots. Results of analysis of variance showed that irrigation treatments significantly affected all studied traits except height to main branch. Also, different genotypes exhibited various trends for the studied traits. The interaction effect between irrigation levels and cultivars was significant for auxiliary branch number, head number per plant and seed yield. Seed yield had a positive significant correlation with plant height, main branch number, auxiliary branch number, head number per plant, seed number per head, 1000-seed weight, biological yield and harvest index. Drought tolerance of genotypes was evaluated by quantitative indices of drought tolerance including MP, GMP, STI, SSI and TOL. On the basis of STI index, Isfahan-14 and 22-191 genotypes were selected as the most tolerant genotypes and on the basis of TOL and SSI indices, 7-433 and Gol Sefid genotypes were selected as the most vulnerable genotypes.

Keywords: tolerance, drought, Safflower, yield

* Corresponding author

E-mail: golkar@cc.iut.ac.ir