نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۳۵۳-۳۴۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 2, Summer. 2012, p. 346-353

بررسی تأثیر تنش‌خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره

میثم فراست[1*]- نورعلی ساجدی[2]- محمد میرزاخانی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۱۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ های گلرنگ، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک طی تابستان سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. تیمارها شامل سه سطح آبیاری ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و ژنوتیپ‌های گلرنگ شامل محلی اصفهان، اصفهان-۱۴، PI-537598 و IL-111 بودند. نتایج نشان داد تنش‌خشکی عملکرد دانه و درصد روغن‌دانه را کاهش داد. به‌طوری‌که عملکرد دانه از ۱۱۹۸ کیلوگرم در هکتار در آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به ۱۰۸۱ و ۹۳۶ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در تیمار آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه از ژنوتیپ محلی اصفهان به‌میزان ۱۴۰۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. اثر متقابل تیمار های آزمایشی نشان داد بیشترین عملکرد دانه معادل ۱۵۸۳ کیلوگرم در هکتار و روغن‌دانه معادل ۳۸ درصد از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و ژنوتیپ محلی اصفهان حاصل شد. ژنوتیپ محلی اصفهان در دو شرایط مطلوب و شرایط تنش دارای بیشترین عملکرد دانه و درصد روغن بود. بنابراین در شرایط کمبود آب می‌توان با کشت این ژنوتیپ به عملکرد و درصد روغن قابل قبول دست یافت.

واژه های کلیدی: تنش کم‌آبی، درصد روغن، ژنوتیپ، عملکرد دانه، گلرنگ

مقدمه

روغن یکی از موادغذایی اصلی مورد نیاز بشر است و حدود ۲۰ درصد کالری مورد نیاز انسان بسته به رژیم‌های غذایی متفاوت، توسط روغن تأمین می‌شود، افزایش تقاضای روغن‌گیاهی در بازارهای جهانی و به‌دنبال افزایش قیمت آن، فشارهای اقتصادی به کشورهای واردکننده روغن از جمله ایران وارد شده است. بنابراین با توجه به افزایش جمعیت و مصرف سرانه روغن، افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی و افزایش عملکرد آن‌ها برای کاهش وابستگی به کشورهای دیگر ضروری است، در حال حاضر از کل روغن‌مصرفی کشور فقط حدود ۷ درصد آن در داخل تولید و ۹۳ درصد آن از خارج وارد می‌شود (۳).

میزان روغن قابل استخراج دانه گلرنگ در شرایط مساعد بسته به ژنوتیپ تا ۴۵ درصد می‌رسد (۸). گلرنگ تقریباً در ۶۰ کشور جهان کشت می‌شود و سطح زیر کشت آن در دنیا در سال ۲۰۰۵ برابر با یک میلیون و سیزده هزار هکتار بوده است (۱۷). با توجه به اینکه کشور ایران در تقسیم‌بندی جهانی جزء کشورهای خشک و نیمه‌خشک محسوب می شود، بنابراین انتخاب ژنوتیپ متحمل به خشکی گلرنگ به‌عنوان یک گیاه بومی کشور می‌تواند جایگزین ژنوتیپ‌ها و گیاهان روغنی حساس به خشکی شود. اثر زمان ظهور تنش‌خشکی بر عملکرد دانه ممکن است به اندازهٔ شدت تنش اهمیت داشته باشد (۱۲). تنش‌خشکی در مرحله رشد رویشی از طریق کاهش شاخص سطح‌برگ باعث کاهش تولید ماده‌خشک و کاهش عملکرد گیاه می‌شود (۲۶).

گلرنگ در مرحله رشد رویشی نسبت به مراحل بعدی به کمبود آب مقاوم‌تر است و عدم‌آبیاری در این مرحله باعث گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و افزایش مقاومت گیاه نسبت به شرایط گرم وخشک در مراحل بعدی می‌شود، بنابراین توصیه می‌شود که پس از جوانه‌زدن و استقرار گلرنگ، یک دوره خشکی کوتاه‌مدت به گیاه داده شود،

۱- کارشناس‌ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، باشگاه پژوهشگران جوان، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Ferasat.m@gmail.com)
۲- عضو هیات علمی و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، گروه زراعت و اصلاح نباتات ، اراک، ایران
۳- عضو هیات علمی و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فراهان ، گروه کشاورزی، فراهان، ایران

همچنین بروز تنش کم‌آبی در طول مراحل نهایی نمو زایشی موجب تسریع پیری و کاهش مدت پر شدن دانه گلرنگ می‌شود (۵). ابوالحسنی (۱) در بررسی ۱۵ لاین بومی گلرنگ در شرایط تنش‌خشکی و بدون تنش اظهار داشت، تنش‌خشکی روی وزن دانه تأثیر منفی و شدیدی داشته و صفت تعداد دانه در طبق در شرایط تنش ۷۱ درصد و در شرایط بدون تنش ۷۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه می‌نماید.

جمشید مقدم و پورداد (۴) با بررسی ۱۵ ژنوتیپ ایرانی و خارجی گلرنگ تحت تنش رطوبتی اعلام کردند که در شرایط تنش ۰/۴- و ۰/۸- مگا پاسکال طول ریشه‌چه افزایش‌یافته و با کاهش رطوبت، ساقه‌چه حساسیت بیشتری نسبت به ریشه‌چه نشان داد. وقوع تنش در مرحله گلدهی و حساسیت این مرحله به کم‌آبی می‌تواند موجب کاهش تعداد طبق در بوته گردد. وقوع تنش در هنگام پر شدن دانه بیشترین تأثیر را بر وزن دانه دارد (۱۰). در آریزونا با مطالعه روی ۲۴ ژنوتیپ گلرنگ مشخص شد عملکرد دانه در واحد سطح با تعداد طبق، تعداد بذر در طبق، قطر طبق، وزن هزار دانه و تعداد شاخه جانبی دارای همبستگی معنی‌داری بود، ضمن این که تعداد طبق در بوته مهم‌ترین جزء از اجزای عملکرد گلرنگ می‌باشد، همچنین در اثر تنش‌خشکی تعداد دانه در طبق کاهش می‌یابد (۱۳).

جانسون و همکاران (۲) در ارزیابی جوانه‌زنی بذرهای ژنوتیپ‌های گلرنگ که از سه رژیم رطوبتی به‌دست آمده بودند، تفاوت معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌ها مشاهده کردند. در یک بررسی دیگر اثرات تنش‌خشکی روی گلرنگ نشان داد که سطح برگ، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه و تعداد طبق در اثر خشکی کاهش یافت و علی‌رغم کاهش ماده خشک ساقه و ریشه، نسبت ریشه به ساقه افزایش یافت (۲۰).

ریچارد (۲۵) اظهار داشت انتخاب ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش‌خشکی باعث تجمع آلل‌های مطلوب شده و ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالاتر گزینش می‌شوند. پاتیل وهمکاران (۲۴) هفت ژنوتیپ گلرنگ را در پنج منطقه تحت شرایط خشکی و هشت ژنوتیپ را در چهار منطقه تحت شرایط بدون تنش ارزیابی کردند. تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه بین ژنوتیپ‌ها و نیز اثر متقابل ژنوتیپ و محیط وجود داشت. در این آزمایش ژنوتیپ‌های مطلوب برای هر یک از شرایط آبی و دیم مشخص شدند.

فروزان (۱۸) برای تعیین عکس‌العمل ژنوتیپ‌های گلرنگ در برابر خشکی آن‌ها را در شرایط آزمایشگاهی در چهار سطح پتانسیل آب (۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگا پاسکال) مورد بررسی قرار داد و مشاهده نمود بین ارقام تفاوت معنی‌داری از نظر صفات مرتبط با جوانه‌زنی وجود دارد. هانگ و ایوانز (۱۹) اعلام کردند تنش‌خشکی به علت زردی زودرس در برگ‌ها، باعث کاهش شاخص سطح برگ در کانوپی گلرنگ گردید. در مطالعه لئونارد و فرنچ (۲۲) عملکرد تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت. در این مطالعه بر اساس ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری خاک، آبیاری انجام می‌گرفت، تیمارها شامل آبیاری تا زمان برداشت، آبیاری تا اواخر گلدهی، آبیاری تا اوایل گلدهی و آبیاری تا دو هفته قبل از گلدهی بودند. در این مطالعه عملکرد دانه در تیمارهای فوق به‌ترتیب ۳۹۵۳، ۴۰۵۶، ۳۳۱۷ و ۲۰۱۱ کیلوگرم در هکتار بود، که بین تیمار اول ودوم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی بین تیمار اول و دوم با سوم و چهارم تفاوت معنی‌دار بود.

گلرنگ به‌علت نیاز کم به آب، به‌عنوان کشت جایگزین برای محصولاتی که مصرف آب زیادی دارند، مانند ذرت پس از برداشت گندم و جو مناسب می‌باشد. علیزاده و کاراپتیان (۱۵) بیان داشتند وزن هزار دانه گلرنگ وابسته به ژنوتیپ است. وایز (۲۷) در تحقیقات خود بیان داشت که در گیاه گلرنگ با افزایش ارتفاع بوته از درصد روغن‌دانه کاسته می‌شود. نتایج تحقیق دیگری نشان داد که تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد موثر است. در این بررسی بین تنش و وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق اختلاف معنی‌داری مشاهده شد همچنین اثر ژنوتیپ‌های گلرنگ بر میزان روغن‌دانه و عملکرد روغن‌دانه نیز معنی‌دار شد که ژنوتیپ Montola 2000 در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای کمترین مقدار روغن بود، ولی در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ Dincer با ۳۲ درصد روغن و در شرایط تنش، ژنوتیپ C 9305 با ۳۱ درصد روغن دارای بیشترین درصد روغن در دانه بودند (۲۳).

در این راستا این پژوهش به‌منظور بررسی تاثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک واقع در ۵ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر اراک طی سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. طول و عرض جغرافیایی مکان آزمایش به ترتیب ۳۴ درجه و ۴ دقیقه عرض‌شمالی و ۴۹ درجه و ۴۳ دقیقه طول‌شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۵۷ متر بود. فاکتورهای مورد مطالعه شامل آبیاری در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره در چهار سطح به نام‌های محلی اصفهان، اصفهان-۱۴، IL-111 و PI-537598 بود. عامل تنش کم‌آبی به‌عنوان فاکتور کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌ها به‌عنوان فاکتور کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. آماده‌سازی زمین در اردیبهشت‌ماه به صورت شخم نیمه‌عمیق انجام گرفت. فاصله بین پشته‌ها ۶۰ سانتی‌متر و طول پشته‌ها ۶ متر و هر کرت شامل ۴ خط کشت در نظر گرفته شد. کاشت در اواسط خرداد ماه انجام شد و در اواخر شهریور

ماه ۱۳۸۸ برداشت گردید. وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی و تنک در زمان شروع شش تا هشت برگی‌شدن گیاه انجام شد. آبیاری به‌طور مرتب هر هفته یکبار انجام شد. نحوه اعمال تنش از ابتدای ساقه‌دهی گیاه با استفاده از فرمول زیر محاسبه و انجام شد (۹).

دبی آب ورودی ÷ ارتفاع تبخیر از تشتک × حجم تشتک تبخیر× راندمان آبیاری × مساحت کرت × ضریب گیاهی ×۱۰۰۰

۶۰ ثانیه

در این فرمول برای جایگذاری اعداد تشتک تبخیر که از نوع کلاس A بود از آمارهای روزانه ایستگاه هواشناسی دانشگاه در (مجاورت مزرعه) استفاده گردید. دبی آب ورودی سیفون‌ها محاسبه شد و ضریب‌گیاهی نسبت به مرحله رشد گیاه و تاریخی که در آن بودیم از جدول کتاب نیاز آبی گیاهان در ایران (۹) به‌دست آمد. خروجی فرمول زمان آبیاری بر حسب ثانیه در روزهای هفته بود. سپس با توجه به اعداد حاصل‌شده و میزان اعمال تنش، اقدام به آبیاری با مقادیر ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه گردید.

برای اندازه‌گیری صفات زراعی از هر کرت ۲۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد و مورد مطالعه قرارگرفت. برای تعیین عملکرد دانه از هر کرت آزمایش دو متر مربع برداشت شد که پس از کوبیدن دانه‌ها توسط غربال جدا و توزین شدند، سپس عملکرد دانه در واحد سطح محاسبه شد. به‌منظور بررسی میزان روغن‌دانه، از بذر تهیه‌شده هر کرت یک نمونه ۱۰۰ گرمی در پاکت‌های جداگانه به آزمایشگاه دانشگاه تربیت معلم تهران فرستاده شد و درصد روغن‌دانه هر نمونه با دستگاه سوکسله[1] مشخص و ثبت شد. جهت تعیین تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته پس از برداشت ۲ مترمربع از هر کرت و انتخاب ۱۰ بوته و پس از شمارش صفات مورد نظر، میانگین آن‌ها تعیین شد. ارتفاع گیاه از سطح خاک با استفاده از متر و قراردادن آن از سطح خاک تا انتهای طبق مرکزی به‌دست آمد. برای تعین وزن هزار دانه تعداد ۱۰۰ بذر با ترازوی دقیق، توزین و متوسط آن‌ها در عدد ۱۰ ضرب شد تا وزن هزار دانه هر کرت به‌دست آید. تجزیه آماری کلیه داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها، توسط نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و سپس میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند. از نرم‌افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته از صفات مهم و عوامل تأثیرگذار بر عملکرد گیاه و برداشت مکانیزه می‌باشد. از این رو بررسی این صفت در گیاه اهمیت زیادی دارد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفت ارتفاع بوته تحت تأثیر تنش‌خشکی قرار نگرفت (جدول ۱). با این وجود با اعمال تنش‌خشکی ارتفاع بوته کاهش یافت (جدول ۲). این نکته بیانگر آن است که در تیمار شاهد، گیاه در شرایط مطلوب رطوبتی قرار داشته و زمینه لازم برای افزایش تعداد و اندازه سلول و در نتیجه رشد فراهم شده است. به نظر می رسد که در شرایط تنش ملایم تا متوسط، توسعه سلولی کاهش یافته و این امر منجر به کاهش رشد و درنتیجه طویل‌شدن ساقه شده است. کاهش ارتفاع بیشتر در مرحله رویشی تحت تنش‌خشکی قرار می‌گیرد. کاهش ارتفاع در مرحله رویشی احتمالاً به‌دلیل کاهش سطح برگ، تقلیل فتوسنتز، ساخت و انتقال مواد می‌باشد. بسیاری از محققین معتقدند که طویل‌شدن برگ و ساقه، حساس‌ترین فرایند گیاه در تنش کمبود آب در طول دوره رویشی است. مشخص شده است تنش‌خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه باعث کاهش ارتفاع می‌شود و هرچه زمان تنش به انتهای فصل رشد نزدیک تر باشد تأثیر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (۷). نتایج این تحقیق با نتایج برخی محققان دیگر مطابقت دارد(۲۰). نتایج تجزیه واریانس در مورد تأثیر ژنوتیپ‌ها بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان با مقدار ۵۶/۵۷ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته مربوط به ژنوتیپ IL به میزان ۳۷/۵۱ سانتی‌متر بود. بین ارتفاع ژنوتیپ‌های محلی اصفهان و اصفهان۱۴ تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول۲).

ارتفاع بوته تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ و تنش قرار نگرفت. با بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مشخص گردید که بین صفت ارتفاع بوته با صفات تعداد دانه در طبق، درصد روغن‌دانه و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت و با وزن هزار دانه همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (جدول۴).

تعداد طبق در گیاه

صفت تعداد طبق در بوته بر تعداد دانه در گیاه و عملکرد دانه موثر است و از این رو با اهمیت می‌باشد. این صفت بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار نگرفت (جدول ۱). صفت تعداد طبق در بوته تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۱)، به‌طوری‌که ژنوتیپ PI با تعداد ۱۶/۱۶ طبق در بوته بیشترین و ژنوتیپ IL با تعداد ۸/۳۳ طبق در بوته کمترین مقدار را نشان دادند. بین ژنوتیپ‌های محلی اصفهان و اصفهان-۱۴ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۲). میرزاخانی و همکاران (۱۱) در مطالعه‌ای که روی ۵ ژنوتیپ گلرنگ بهاره انجام دادند، گزارش نمودند ژنوتیپ محلی اصفهان با میانگین ۱۴/۷۸ طبق در گیاه در بین ارقام ژیلا، Uc-1 ،نبراسکا-۱۰، اراک -۲۸۱۱ دارای

1- Soxhlet

بیشترین تعداد طبق بود. نتایج این تحقیق مبنی بر تأثیر ژنوتیپ در تعداد طبق در بوته با نتایج برخی محققان مطابقت دارد (۲۰).

اثرات متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر تعداد طبق در گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۱). بر این اساس در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه و ژنوتیپ PI با تعداد ۲۰ طبق در بوته بیشترین و در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه و ژنوتیپ IL با تعداد ۷/۲۵ طبق در بوته کمترین مقدار حاصل شد. ژنوتیپ PI در شرایط تنش ملایم و شدید کم‌آبی دارای بیشترین تعداد طبق در گیاه بود (جدول۲). اعمال تنش‌خشکی پس از تشکیل طبق های اولیه باعث کاهش طبق‌ها در مراحل بعدی رشد می‌شود (۱۶).

با بررسی ضرایب همبستگی بین صفات، مشخص گردید که بین صفت تعداد طبق در بوته و صفت تعداد دانه در طبق همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده گردید (جدول۴). به‌نظر می‌رسد هرچه تعداد طبق‌ها در یک ژنوتیپ بیشتر باشد از قطر طبق‌ها کاسته می‌شود، که منجر به کاهش تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه شده و در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه و روغن در واحد سطح می‌گردد.

تعداد دانه در طبق

یکی از صفات مهم در شکل‌گیری عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق می باشد. با افزایش تعداد دانه در طبق، تعداد دانه در تک‌بوته و در نهایت عملکرد دانه افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس این صفت تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۱). بر این اساس تیمار آبیاری معادل۱۰۰ درصد نیاز آبی‌گیاه با تعداد ۱۴/۱۹ دانه در طبق بیشترین و تیمار آبیاری ۷۵ درصد آب مورد نیاز گیاه با تعداد ۱۲/۶۹ دانه در طبق کمترین مقدار را نشان دادند (جدول۲). نتایج برخی محققان نشان داده است که تنش‌خشکی در مرحله گلدهی باعث اختلال در تلقیح و کاهش گلچه‌ها و در نتیجه کاهش تعداد دانه در طبق می‌گردد و هرچه زمان تنش به مرحله گلدهی نزدیک‌تر باشد، کاهش تعداد دانه در طبق بیشتر است (۳و۱۲).

تعداد دانه در طبق تحت تأثیر ارقام قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). به‌طوری‌که ژنوتیپ محلی اصفهان با تعداد ۱۶/۱۷ دانه در طبق بیشترین و ژنوتیپ PI با تعداد ۱۰/۴۲ دانه در طبق کمترین مقدار را نشان دادند (جدول۲). به‌نظر می‌رسد تعداد بیشتر طبق در این ژنوتیپ باعث کاهش تعداد دانه در طبق شده است. طبق گزارش برزگر (۲) تفاوت ارقام مورد مطالعه از نظر تعداد دانه در طبق در کل گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. تعداد دانه در طبق از ۲۳/۸۹ عدد مربوط به ژنوتیپ زرقان-۲۷۹ تا ۱۴/۷ عدد مربوط به ژنوتیپ ۵۱-۵۱- LRV متفاوت بود. اختلاف در نتایج موجود را می‌توان به پتانسیل ژنتیکی ارقام ، طول دوره پرشدن دانه و شرایط آب و هوایی متفاوت دانست.

اثرات متقابل آبیاری و ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). براین اساس در تیمار آبیاری ۷۵ درصد آب مورد نیاز گیاه و ژنوتیپ محلی اصفهان با تعداد ۱۷/۲۵ دانه در طبق بیشترین و در تیمار آبیاری ۵۰ درصد آب مورد نیاز گیاه و ژنوتیپ PI با تعداد ۹/۷۵ دانه در طبق کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول۲). به‌نظر می رسد که کارایی مصرف آب در ژنوتیپ محلی اصفهان در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی، بالاتر از سایر ارقام می‌باشد. ابوالحسنی (۱) در بررسی ۱۵ لاین بومی گلرنگ در شرایط تنش و بدون تنش اظهار داشت، صفت تعداد دانه در طبق در شرایط تنش ۷۱ درصد و در شرایط بدون تنش ۷۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه می‌نماید.

با بررسی ضرایب همبستگی بین صفات، مشخص گردید که بین صفت تعداد دانه در طبق با صفات ارتفاع بوته، درصد روغن‌دانه و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت و بین تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته همبستگی منفی معنی‌داری وجود دارد (جدول۴). به‌نظر می‌رسد با کاهش تعداد طبق در بوته، انرژی بیشتری برای طبق‌های باقیمانده در دسترس است و باعث افزایش قطر طبق‌های گیاه شده و تعداد دانه بیشتر و درشت‌تری را در تولید می‌کند. هرچند چنین حالتی در این تحقیق به‌وجود آمد، ولی یک حالت نسبی است و ممکن است در تحقیقات بعدی متفاوت باشد.

وزن هزار دانه

در این بررسی صفت وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار نگرفت و از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود، با این وجود با اعمال تنش، وزن هزار دانه کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد چون گیاه از ابتدای رشد با تنش کم‌آبی مواجه شده است و در نتیجه لذا مکانیسم خود تنظیمی گیاه بر پایه تعداد محدودی دانه در طبق بنا شده است، درنتیجه گیاه در ادامه رشد توانایی پر کردن این تعداد دانه را دارا می‌باشد. از طرفی صفت وزن هزار دانه کمتر تحت تأثیر شرایط نامطلوب محیطی قرار می‌گیرد، در صورتی که سایر اجزای عملکرد بیشتر از عوامل محیطی تأثیر می‌پذیرند. رستمی (۷) گزارش نمود کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش‌خشکی به‌علت کوتاه‌شدن دوره پرشدن دانه و پیری زودرس می‌باشد. طبق نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس صفت وزن هزار دانه تحت تأثیر ارقام قرار گرفت و در سطح احتمال آماری ۱ درصد معنی دار شد (جدول۱).

جدول ۱ - نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	تعداد طبق	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	درصد روغن	عملکرد دانه
تکرار	۳	۴۵/۲۱ n.s	۱۲/۵ n.s	۱/۸۳*	۱۵/۸۶ n.s	۰/۴۲۶ n.s	۱۴۸۵۹۰/۲۴**
سطوح آبیاری	۲	۶۲/۹۴ n.s	۱۷/۸۹ n.s	۹/۵۲**	۳/۵۲ n.s	۲۰/۲۰۱**	۳۰۰۷۴۶/۶۹**
خطای الف (a)	۶	۸۶/۰۶	۱۳/۱۴	۰/۳۵۴	۳۰/۶۳	۰/۳۳۹	۱۱۳۸۶/۷۶
ژنوتیپ	۳	۱۰۷۴/۴۱**	۱۳۷/۰۵**	۷۶/۲۸**	۹۹/۸۳**	۱۶۳/۲۴**	۸۷۷۳۳۸/۱۷**
آبیاری × ژنوتیپ	۶	۱۶/۶۹ n.s	۱۷/۹۵**	۸/۴۶**	۲۱/۲۸ n.s	۰/۵۳۶ n.s	۴۰۹۲۸/۶ n.s
خطای ب (b)	۲۷	۱۲/۱۸	۰۹/۳	۹۰۳/۰	۶۴/۱۸	۷۲۴/۱	۱۹/۱۸۵۸۵
ضریب تغییرات (درصد)	-	۹۳/۸	۵۳/۱۵	۱۳/۷	۷۶/۱۰	۱۹/۴	۶۹/۱۲

ns,*و** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول۲ - مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی صفات مختلف ژنوتیپ‌های گلرنگ

	تیمارها	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	روغن‌دانه (درصد)
آبیاری	I1 (100%)	۴۹/۹۹a*	۱۲/۵ a	۱۴/۱۹ a	۴۰/۴۱ a	۱۱۹۸/۱۶ a	۳۲/۸۳ a
	I2 (75%)	۴۶/۶ b	۱۱/۰۶ b	۱۲/۶۹ b	۴۰/۳۹ a	۱۰۸۱/۶۴ b	۳۰/۴۸ b
	I3 (50%)	۴۶/۵۱ b	۱۰/۴۳ b	۱۳/۱۳ b	۳۹/۵۹ a	۹۳۶/۴۶ c	۳۰/۷۲ b
ژنوتیپ	V1(اصفهان-۱۴)	۵۴/۸۹ a	۱۰/۰۸ b	۱۴/۵ b	۳۸/۹۵ b	۱۱۲۴/۴۵ b	۳۲/۵۰ b
	V2(محلی اصفهان)	۵۶/۵۷ a	۱۰/۷۵ b	۱۶/۱۷ a	۳۷/۲۱ b	۱۴۰۲/۶۸ a	۳۶/۷۰ a
	V3 (PI 537598)	۴۱/۸۳ b	۱۶/۱۶ a	۱۰/۴۲ d	۴۰/۳۶ b	۱۰۲۱/۰۷ b	۲۹/۳۳ c
	V4 (IL 111)	۳۷/۵۱ c	۸/۳۳ c	۱۲/۲۵ c	۴۴ a	۷۴۰/۱۵ c	۲۶/۸۳ d

* - میانگین‌هایی که در هر ستون و برای هر فاکتور دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول۳ - مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات مختلف ژنوتیپ‌های گلرنگ

	تیمارها	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	روغن‌دانه (درصد)
I1 (100%)	V1(اصفهان-۱۴)	۵۷/۴ a	۹/۷۵ d–f	۱۵/۷۵ b	۴۰/۵۸ a–c	۱۲۵۶/۹۵ bc	۳۳/۶۰ cd
	V2(محلی اصفهان)	۵۹/۷۷ a	۱۳ bc	۱۵/۷۵ b	۳۷/۹ bc	۱۵۸۳/۰۵ a	۳۸/۱۷ a
	V3 (PI 537598)	۴۵/۶۵ b	۲۰ a	۱۰/۷۵ d	۳۸/۸۸ a–c	۱۲۰۵/۱۵ b–d	۳۰/۹۰ ef
	V4 (IL 111)	۳۷/۱۵ c	۷/۲۵ f	۱۴/۵ b	۴۴/۳ ab	۷۴۷/۵ e	۲۸/۶۷ f
I2 (75%)	V1(اصفهان-۱۴)	۵۴/۱۷ a	۱۱/۵ cd	۱۲/۷۵ c	۳۹/۳۸ a–c	۱۰۷۶/۳ cd	۳۲/۰۳ de
	V2(محلی اصفهان)	۵۳/۳۷ a	۱۰/۲۵ de	۱۷/۲۵ a	۳۶/۸ c	۱۳۴۰/۹ b	۳۵/۳۷ bc
	V3 (PI 537598)	۳۹/۷۷ bc	۱۴ bc	۱۰/۷۵ d	۴۳/۶۷ a–c	۱۱۲۵/۹۷ cd	۲۸/۴۷ f
	V4 (IL 111)	۳۹/۱ bc	۸/۵ ef	۱۰ d	۴۱/۷ a–c	۷۸۳/۴ e	۲۶/۰۳ g
I3 (50%)	V1(اصفهان-۱۴)	۵۳/۱ a	۹ d–f	۱۵ b	۳۶/۹ c	۱۰۴۰/۱ d	۳۱/۸۷ de
	V2(محلی اصفهان)	۵۶/۵۷ a	۹ d–f	۱۵/۵ b	۳۶/۹۲ c	۱۲۸۴/۱ bc	۳۶/۵۷ ab
	V3 (PI 537598)	۴۰/۰۷ bc	۱۴/۵ b	۹/۷۵ d	۳۸/۵۳ bc	۷۳۲/۱ e	۲۸/۶۳ f
	V4 (IL 111)	۳۶/۳ c	۹/۲۵ d–f	۱۲/۲۵ c	۴۶ a	۶۸۹/۵۷ e	۲۵/۸۰ g

*میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر فاکتور دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

I_1، **I_2** و **I_3** به ترتیب، آبیاری برابر ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه می باشد.

V_1، **V_2**، **V_3** و **V_4** به ترتیب ژنوتیپ های اصفهان-۱۴، محلی اصفهان، **PI-537598** و **IL-111** می باشند.

بر این اساس ژنوتیپ IL با وزن هزار دانه ۴۴ گرم بیشترین و ژنوتیپ محلی اصفهان با وزن هزار دانه ۳۷ گرم کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول۲). در این بررسی بین ارقام محلی اصفهان، اصفهان-۱۴ و PI تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. پایین‌بودن وزن هزار دانه در ژنوتیپ محلی اصفهان به‌دلیل دارا بودن تعداد بیشتر دانه در طبق و در نتیجه تقسیم بیشتر موادغذایی گیاه بین دانه‌ها می‌باشد، هرچند پایین‌بودن وزن هزار دانه توسط افزایش تعداد دانه در طبق جبران شده است. نتایج این تحقیق با نتایج میرزاخانی و همکاران (۱۱) مطابقت دارد.

اثرات متقابل آبیاری و ارقام بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد. بین این صفت با صفات ارتفاع بوته و درصد روغن‌دانه همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده گردید (جدول۴).

عملکرد دانه

طبق نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس این صفت تحت تأثیر آبیاری قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۱)، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه معادل ۱۱۹۸ کیلوگرم در هکتار از آبیاری معادل ۱۰۰درصد نیاز آبی گیاه و کمترین عملکرد دانه معادل ۹۳۶ کیلوگرم در هکتار از آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول۲). به‌نظر می‌رسد در مرحله رشد رویشی تنش‌خشکی منجر به کوچک‌شدن سطح‌برگ، کاهش شاخص سطح‌برگ و فتوسنتز در واحد سطح‌برگ می‌شود و در نتیجه کاهش عملکرد در این مرحله به‌واسطه کاهش تعداد دانه در طبق می‌باشد (۲۶). اما کاهش عملکرد در مرحله زایشی به‌واسطه کاهش طول دوره پرشدن دانه‌ها، کوچک‌شدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها می‌باشد. کاهش عملکرد و اجزای آن در تیمار تنش شدید (آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) را می‌توان به‌علت کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه دانست. دلیل کاهش تعداد دانه ممکن است به علت کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرمی تولیدشده در مرحله پرشدن دانه باشد و بیشترین اثر تنش رطوبتی روی وزن دانه در مدت پرشدن دانه می‌باشد. همچنین دلیل این امر را می‌توان به عدم نمو دانه پس از گرده‌افشانی و باروری دانست.

صفت عملکرد دانه تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۱)، به‌طوری‌که ژنوتیپ محلی اصفهان با عملکرد دانه ۱۴۰۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین و ژنوتیپ IL با عملکرد دانه ۷۴۰ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را دارا بودند. بین ارقام اصفهان-۱۴ و PI تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۲). این نکته بیانگر سازگاری مناسب ژنوتیپ محلی اصفهان با شرایط آب و هوایی محل آزمایش می‌باشد که توانسته به خوبی از شرایط محیطی استفاده کند و عملکرد قابل قبولی تولید نماید. از طرفی عدم تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ PI با اصفهان-۱۴ حاکی از آن است که ژنوتیپ محلی اصفهان نیز می‌تواند در منطقه کشت شود و عملکرد مناسبی تولید نماید. به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ محلی اصفهان محدوده تحمل وسیع‌تری به شرایط محیطی را نسبت به ارقام دیگر دارا می‌باشد و به همین خاطر در شرایط تنش ملایم و شدید رطوبتی به‌واسطه تعدیل اثرات تنش، از افت کمتر عملکرد برخوردار می‌باشد. میرزاخانی و همکاران (۱۱) گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه از ژنوتیپ اراک-۲۸۱۱ حاصل شد که با ارقام ژیلا و محلی اصفهان در یک گروه آماری قرار گرفتند.

اثرات متقابل آبیاری و ارقام بر عملکرد دانه غیرمعنی‌دار بود. با این وجود تیمارها در گروه‌های مختلف قرار گرفتند. بیشترین عملکرد دانه در دو شرایط مطلوب رطوبتی و تنش، از ژنوتیپ محلی اصفهان حاصل شد (جدول ۲).

با بررسی ضرایب همبستگی بین صفات، مشخص گردید که بین صفت عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق و درصد روغن‌دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول۴). در آزمایش آبل (۱۳) عملکرد دانه در واحد سطح با تعداد طبق، تعداد بذر در طبق، قطر طبق، وزن هزار دانه و تعداد شاخه جانبی دارای همبستگی معنی دار بود.

درصد روغن‌دانه

طبق نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس، این صفت تحت تأثیر تنش‌خشکی قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۱). به‌طوری‌که تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه با میزان ۳۲/۸۳ بیشترین درصد روغن‌دانه را داشت. بین دو سطح دیگر آبیاری تفاوت معنی‌داری از نظر درصد روغن مشاهده نگردید (جدول۲). درصد روغن‌دانه عبارت است از نسبت روغن موجود در دانه به کل وزن دانه که شامل پوست و فیبر نیز می‌شود. چون شرایط تنش باعث کاهش وزن کل دانه می‌شود، بنابراین درصد روغن‌دانه نیز کاهش زیادی ندارد (۳). به‌نظر می‌رسد که اعمال تنش‌خشکی، طول دوره پرشدن دانه‌ها را کاهش می‌داده و فرصت بیشتری برای تجمع پروتئین در دانه فراهم می شود و در نتیجه درصد روغن کاهش می‌یابد.

صفت درصد روغن‌دانه در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر ارقام قرار گرفت (جدول۱). به‌طوری‌که ژنوتیپ محلی اصفهان با میزان ۳۶/۷ درصد بیشترین و ژنوتیپ IL با میزان ۲۶/۸۳ درصد کمترین میزان روغن‌دانه را دارا بودند (جدول۲). به‌نظر می‌رسد درصد روغن یک صفت وابسته به ژنوتیپ می‌باشد. ذاکری (۶) در بررسی خود بر روی ارقام بهاره گلرنگ در اصفهان گزارش نمود که متوسط درصد روغن ارقام مورد آزمایش بین ۳۶/۲۷ الی ۳۳/۹۸ درصد بود . برزگر

(۲) در بررسی ارقام گلرنگ پاییزه در اصفهان گزارش نمود که ارقام مورد بررسی از نظر درصد روغن اختلاف معنی‌داری نداشتند نامبرده میانگین درصد روغن را ۲۹/۶ درصد گزارش نمود.

اثرات متقابل آبیاری و ارقام بر درصد روغن غیرمعنی‌دار بود. با این وجود تیمار ها در گروه‌های مختلف قرار گرفتند و ژنوتیپ محلی اصفهان در شرایط مطلوب و تنش از در صد روغن بالاتری نسبت به سایر ارقام قرار گرفت (جدول ۳).

با بررسی جدول ضرایب‌همبستگی بین صفات، مشخص گردید که بین صفت درصد روغن‌دانه با صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه همبستگی مثبت و با وزن هزار دانه همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت (جدول۴). احتمالاً به‌علت حجیم‌شدن دانه و متعاقباً افزایش وزن هزار دانه، نسبت روغن‌دانه به کل حجم دانه کاهش می یابد، بنابراین در دانه‌های کوچک‌تر میزان روغن‌دانه به کل دانه بیشتر به‌نظر می‌رسد.

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که اگر چه بیشترین عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن از آبیاری مطلوب حاصل شد ولی با آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی‌گیاه می‌توان به عملکرد و درصد روغن قابل قبول رسید. در بین ارقام، ژنوتیپ محلی اصفهان از لحاظ صفات مورد بررسی نسبت به سایر ارقام برتری نشان داد. که بیانگر سازگاری بالاتر این ژنوتیپ با شرایط اقلیمی منطقه می‌باشد. این ژنوتیپ در دو شرایط مطلوب و تنش از عملکرد و درصد روغن بالاتری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود بنابراین پیشنهاد می‌شود در شرایط کمبود آب با کشت این ژنوتیپ به عملکرد و درصد روغن قابل قبول می‌توان دست یافت.

جدول ٤- ضرایب‌همبستگی ساده بین صفات مختلف ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی

	ارتفاع بوته	تعداد طبق	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	درصد روغن دانه
ارتفاع بوته	۱					
تعداد طبق	۰/۰۶۴ ns	۱				
تعداد دانه در طبق	۰/۵۸۱**	-۰/۴۰۹**	۱			
عملکرد دانه	۰/۶۶۳**	۰/۱۳۵ ns	۰/۵۰۹**	۱		
وزن هزار دانه	-۰/۴۳۵**	-۰/۱۴۲ ns	-۰/۲۳ ns	-۰/۲۶۲ ns	۱	
درصد روغن دانه	۰/۷۶۸**	۰/۰۳۵ ns	۰/۷۱۹**	۰/۸۱۰**	-/۴۵۷**	۱

ns,*و** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

منابع

۱- ابوالحسنی، خ .۱۳۸۱. ارزیابی لاین‌های حاصل از توده‌های بومی گلرنگ در دو رژیم رطوبتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده‌کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- برزگر، ا. پ. ۱۳۷۸. بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و الگوی توزیع آن در گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان اصفهان.

۳- توکلی، ا. ۱۳۸۱. بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده‌کشاورزی، دانشگاه تهران.

۴- جمشید مقدم، م. و س. س، پورداد. ۱۳۸۵. ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت تنش‌رطوبتی در شرایط کنترل‌شده و مزرعه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰(۲): ۱۶۸-۱۵۵.

۵- خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۷. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶- ذاکری، ح. ۱۳۷۵. اثر تاریخ کاشت بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ در اصفهان، چکیده پایان‌نامه‌های ایران، فصل‌نامه، دوره ۵، شماره ۴.

۷- رستمی، م. ۱۳۸۳. اثر تنش‌خشکی آخر فصل بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده‌کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

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

۹- علیزاده، ا. ، م. دهقانی، غ. کمالی، ع. کشاورز، م. وظیفه دوست، آ. محمدیان و ا. حمزه نوری. ۱۳۸۶. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۲۸ صفحه.

۱۰- کوچکی، ع. و غ.ح، سرمدنیا. ۱۳۷۹. فیزیولوژی گیاهان‌زراعی (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.۴۶۷ صفحه.
۱۱- میرزاخانی، م.، م. ر. اردکانی، ا. ح. شیرانی راد و ا. ر. عباسی فر. ۱۳۸۱. بررسی اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ بهاره در استان مرکزی. مجله علوم زراعی ایران. ۴ (۲) :۱۴۹-۱۳۸.
۱۲- یزدی صمدی، ب. ۱۳۷۵. بررسی مقاومت به خشکی در ارقام ایرانی و خارجی گلرنگ. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲: ۱۱-۶.
13- Abel, G. H. 1969. An analysis of yield components in safflower. Res. Conf., Proc. Brd, Univ. of California, Davis. P:18-22.
14- Abel, G. H. 1976. Effect of irrigation regimes, planting date, nitrogen levels, and spacing on safflower cultivar. Agronomy Journal. 68:448-451.
15- Alizadeh, K. and J. Carapetian. 2006. Genetic variation in a safflower germplasm grown in rainfall cold drylands. Agron. J., 5: 50-52.
16- Dajue, L. and H. H. Mundel. 1996. Safflower. International Plant Genetic Resources Institute.
17- F.A.O. 2006. Food & Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistics Database. available at: http://faostat.fao.org/ 2006.
18- Foroozan, K.1997. A technigue for screening of drought and saline resistant safflower varieties during germination and plant growing. Proceedings 4th International Safflower Conference. Bari (Italy). June 2-7, 170-171.
19- Hang, I. N. and D. W, Evans. 1985. Deficit sprinkler irrigation of sunflower and sufflower. Agron. J. 77:588-592.
20- 17.Hashemi Dezfouli, A. 1994. Growth and yield of safflower as affected by drought stress. Crop Res. Hisar. 7(3):313-319.
21- Johnson, R. C., V. L. Bradley, Ghorpade, and J. W. Bergman. 1997. Regeneration and evaluation of the U. S. safflower germplasm collection. Proceedings 4th International Safflower Conference. Bari (Italy), June 2-7, 215-217.
22- Leonard, J. E. and D. F. French. 1969. Growth, yield and yield component of safflower as affected by irrigation regimes. Crop Science, 61:111-113.
23- Ozturk, E. , H. Ozer and T. Potal. 2008. Growth and yield of safflower genotypes grown under irrigated and non-irrigated conditions in a highland environment. Plant Soil Environment, 54 (10): 453-460.
24- Patil, P. S., A. M. Patil, and A. B. Deokar. 1992. Stability of yield in rainfed and irrigated safflower. J. Maharashtra Agric. Univ. 17:66-69.
25- Richarde, R. A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Res. 20:157-166.
26- Rostami, M., R, Mirzaei. M, Kafi. 2003. Assessment of drought resistance in four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars at the germination stage. 7th International Conference on the Development of Drylands, 14-17 September 2003, Tehran, Iran
27- Wiess, E. A. 2000. Oilseed crops. Blackwell Science, Oxford.