اثر کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گلرنگ

سمانه محمدی، سید عبدالرضا کاظمینی* و رضا حمیدی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱/۲۸)

چکیده

به منظور ارزیابی اثر کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم گلرنگ، پژوهشی مزرعه‌ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل رقم در دو سطح (سینا و محلی اصفهان) به عنوان عامل اصلی، رژیم آبیاری در چهار سطح (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به عنوان عامل فرعی و زمان اعمال کم-آبیاری در دو سطح (مراحل رشد رویشی و زایشی) به عنوان عامل فرعی فرعی بود. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در رقم سینا (۳۰۸۵ کیلوگرم در هکتار) و محلی اصفهان (۲۷۵۷ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. تغییر زمان اعمال کم‌آبیاری از مرحله رشد رویشی به زایشی، عملکرد دانه را به میزان ۱۴/۳٪ افزایش داد. بیشینه و کمینه عملکرد دانه به ترتیب با اعمال کم‌آبیاری در مراحل رشد زایشی و رویشی حاصل گردید. براساس نتایج تحقیق، عملکرد بهینه دانه (۵۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، با رژیم آبیاری ۸۰٪ ظرفیت زراعی در مرحله رشد زایشی رقم سینا به‌دست آمد. به‌طورکلی، با کاهش میزان آب در هر مرحله از رشد، عملکرد دانه کاهش یافت، که این کاهش در رقم سینا در مراحل رشد رویشی و زایشی، به‌ترتیب از ۱۰۰ به ۸۰ و از ۸۰ به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی، و در رقم محلی اصفهان در هر دو مرحله رشد، از ۱۰۰ به ۸۰ درصد، معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، رژیم آبیاری، رشد رویشی و زایشی

۱. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد و استادیاران بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: kazemin@.shirazu.ac.ir

مقدمه

با توجه به کمبود شدید آب و بروز خشکسالی‌های پی در پی در سال‌های اخیر و نیاز کشور به تولید روغن، افزایش سطح زیر کشت گیاهان دانه روغنی مقاوم به خشکی ضروری می‌باشد. به‌طورکلی، میزان تولید دانه‌های روغنی در کشور به‌طور متوسط سالانه حدود ۶۰۰ هزار تن می‌باشد. ولی بخش عمده‌ای از روغن مصرفی از منابع خارجی تأمین می‌گردد (۲). گلرنگ، گیاه روغنی مقاوم به شرایط خشک است که به دلیل خصوصیات مورفولوژیک ویژه، توانایی تولید مناسب روغن، کیفیت خوب روغن، تولید کنجاله که به عنوان مکمل غذایی برای دام مصرف می‌شود، مقاومت مناسب به تنش‌های غیر زیستی مانند شوری و خشکی و سرمای زمستانه و غنای گونه‌ای، به عنوان شاخص در بین گیاهان روغنی موجود در ایران مطرح می‌باشد (۵ و ۶). کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه گلرنگ اعم از ریشه‌ها و اندام هوایی، سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک و اجزای عملکرد در اثر تنش ناشی از کمبود آب توسط محققین مختلف گزارش شده است (۶، ۹، ۱۳ و۱۴). بهدانی و جامی‌الاحمدی (۵) طی آزمایشی، با بررسی سه رقم گلرنگ (کوسه، pi و IL111) و فواصل مختلف آبیاری (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه در رقم کوسه و با فاصله ۷ روز آبیاری به‌دست آمد و با افزایش دور آبیاری تا ۲۱ روز، عملکرد دانه در هر سه رقم کاهش یافت (۲).

توکلی (۲۲) نشان داد که تنش خشکی از طریق کاهش شاخص سطح برگ، عملکرد کل ماده خشک و نیز عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. نادری و همکاران (۱۷) نشان دادند که تنش خشکی باعث تسریع در گل‌دهی، رسیدگی و کاهش عملکرد دانه گلرنگ می‌شود. اشرفی و رزمجو (۴) با بررسی اثر رژیم‌های آبیاری (۶۰، ۷۵ و ۹۰ درصد تخلیه رطوبت خاک) بر میزان و ترکیبات روغن ارقام گلرنگ (کوسه، pi وIL111) نشان دادند که تنش خشکی موجب کاهش مقدار روغن و به‌طور مشخص کاهش مقدار اسیدهای چرب اشباع شد. بنابراین با رژیم‌های آبیاری به موقع می‌توان کیفیت روغن گلرنگ را افزایش داد. (۱۹) پاسبان اسلام (۲۰) با بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک پنج ژنوتیپ گلرنگ بهاره (محلی اراک، محلی اصفهان، سینا، گلدشت و KH23-57) نشان داد که در اثر وقوع تنش کمبود آب، تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت عملکرد روغن و دانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. فرخی‌نیا و همکاران (۸) دریافتند که بیشترین افت عملکرد دانه و روغن در شرایط اعمال کم‌آبی در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه به‌دست آمد. هم‌چنین بروز تنش خشکی در مرحله ساقه رفتن باعث کاهش ارتفاع بوته و غوزه بندی گلرنگ گردید. موسوی‌فر و همکاران (۱۶) با بررسی سطوح قطع آبیاری بر سه رقم گلرنگ بهاره (محلی اصفهان، اصفهان ۲۸ و IL111) دریافتند که به‌طورکلی افزایش مدت زمان قطع آبیاری موجب زودرسی، کاهش طول دوره رشد، سرعت رشد محصول و عملکرد دانه در هر سه رقم شد و مرحله تکمه‌دهی مرحله‌ای حساس به کمبود آب بوده و وقوع تنش در این مرحله منجر به کاهش شدید دوره رشد و نهایتاً عملکرد دانه گلرنگ می‌شود. شناخت دقیق مقادیر آب آبیاری می‌تواند نقش مؤثری در رشد و نمو گلرنگ، به ویژه در مناطق خشک، داشته باشد و لذا شناخت ارقامی که توان سازگاری بیشتری با این شرایط دارند گامی مهم در دست‌یابی به عملکردهای قابل قبول می‌باشد. این تحقیق به‌منظور تعیین اثر کم‌آبیاری در مراحل رشد رویشی و زایشی بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک دو رقم گلرنگ برای حصول عملکرد بهینه انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، اثر کم‌آبیاری در مراحل رشد رویشی (ساقه رفتن) و زایشی (۵۰٪ ظهور غنچه) بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک دو رقم گلرنگ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در منطقه باجگاه (عرض جغرافیایی '۴۰ °۲۹ شمالی، طول جغرافیایی '۳۰ °۵۳ شرقی و ۱۸۱۰ متر ارتفاع از سطح دریا) بررسی شد. این آزمایش در قالب کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل

تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل رقم در دو سطح (محلی اصفهان، که رقمی پرمحصول، بدون خار، دارای گل قرمز و با دوره رشد کوتاه است و رقم سینا، که پرمحصول، خاردار، دارای گل قرمز مایل به نارنجی و دارای دوره رشد طولانی است) به عنوان کرت اصلی، رژیم آبیاری در چهار سطح (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (FC)) به عنوان کرت فرعی و مرحله اعمال کم‌آبیاری (رشد رویشی (ارتفاع بوته‌ها ۳۰ سانتی‌متر و تعداد برگ ۱۰ عدد) و زایشی (۵۰٪ ظهور غنچه گل)) به عنوان کرت فرعی فرعی بودند. عملیات زراعی شامل شخم، دیسک و لولر و سپس مرزبندی بود و پس از آن جوی و پشته‌ها به فاصله یک متر از یکدیگر به‌وسیله شیارکن ایجاد گردیدند. بذر گلرنگ با کمک دستگاه بذرکار پنوماتیک روی پشته‌های ایجاد شده، به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر، کشت گردید. کود نیتروژه در دو نوبت (نصف در زمان کاشت و بقیه در زمان ساقه رفتن) براساس ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره و تمام کود فسفره (در زمان کاشت) براساس ۴۶ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل به کرت‌ها داده شد.

ابعاد کرت‌ها ۴×۳ متر بود. کلیه علف‌های هرز به‌وسیله وجین دستی کنترل شدند. در این آزمایش، تعداد انشعابات بوته، ارتفاع نهایی، ارتفاع اولین انشعاب، تعداد دانه در غوزه اصلی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد روغن دانه گلرنگ اندازه‌گیری شد (۳). برای آبیاری مزرعه از سیستم تیپ (Tape) استفاده شد و برای تعیین میزان آب مورد نیاز در هر بار آبیاری، ۲۴ ساعت پیش از هر آبیاری، از سه عمق خاک مزرعه (۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری) نمونه‌برداری شد و پس از خشک شدن در آون، میزان رطوبت وزنی خاک تعیین گردید. میزان آب مورد نیاز برای آبیاری تا رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی با استفاده از معادله زیر تعیین گردید (۱۵):

$$dn = \frac{(FC - \theta_m) \times \rho_b \times D}{100} \qquad [1]$$

که dn عمق آب مورد نیاز برای آبیاری (سانتی‌متر)، FC حد ظرفیت زراعی خاک محل مورد آزمایش (برحسب درصد وزنی)، θ_m رطوبت وزنی خاک، ρ_b چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب) و D عمق نمونه‌برداری از خاک (یا همان عمق توسعه ریشه، برحسب سانتی‌متر) است. حجم آب مورد نیاز در هر بار آبیاری از ضرب ارتفاع آب (dn) در مساحت هر کرت تعیین شد. در تیمار آبیاری نرمال، حجم آب مصرفی براساس زمان اعمال تنش در مراحل رویشی و زایشی به‌ترتیب حدود ۸۳۰۰ و ۹۱۰۰ مترمکعب در هکتار بود. کلیه داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و با کمک آزمون بارتلت همگن بودن واریانس داده‌ها بررسی شد که پس از اطمینان از آن، عمل تجزیه مرکب صورت گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

الف) ارتفاع بوته

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که با کاهش رطوبت، ارتفاع بوته در هر دو رقم گلرنگ کاهش یافت. تفاوت ارتفاع بوته در رقم سینا (۵۶/۸۶ سانتی‌متر) در مقایسه با رقم محلی اصفهان (۶۶/۵۱ سانتی‌متر) معنی‌دار بود (جدول ۱). خیدیر (۱۲) نیز در بین ارقام گلرنگ از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری مشاهده نمود و ارتفاع بوته آنها را بین ۵۱/۱ تا ۱۵۱/۴ سانتی‌متر گزارش کرد. تغییر زمان اعمال تنش رطوبتی از مرحله رویشی به زایشی، ارتفاع بوته گلرنگ را به میزان ۴/۷۶٪ به‌صورت معنی‌داری افزایش داد (جدول ۱). به‌طورکلی، با کاهش میزان آبیاری، ارتفاع بوته به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱). برهمکنش تیمارهای کم‌آبیاری و مرحله اعمال تیمار کم‌آبیاری در هر دو رقم نشان داد که بیشینه و کمینه ارتفاع بوته به‌ترتیب در تیمار آبیاری نرمال و کاهش میزان آب تا ۴۰٪ ظرفیت زراعی با اعمال کم‌آبیاری در مرحله رشد رویشی به‌دست آمد (جداول ۲ و ۳). به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که با توجه به کاهش میزان آب

جدول ۱. مقایسه میانگین اثرهای اصلی کم‌آبیاری، مراحل رشد و رقم بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ (میانگین دو سال)

تیمار	ارتفاع (سانتی‌متر)	اولین انشعاب (سانتی‌متر)	تعداد انشعاب	تعداد غوزه در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	درصد روغن	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت ٪
رقم										
سینا	۵۶/۸۶ b	۱۹/۱۲ b	۱۰/۱۹b	۲۰/۵۸ a	۹۷۴/۶۸ a	۲۹/۴۳a	۲۶/۷۰a	۳۰۷۰a	۶۳۶۳/۵۰ a	۴۸/۲ a
محلی اصفهان	۶۶/۵۱ a	۳۶/۹۲ a	۱۲/۷۸ a	۱۱/۷۵ b	۸۶۰/۱۶ b	۲۸/۳۲ b	۲۶/۳۰ a	۲۷۵۷ b	۶۰۵۶/۳۷ b	۴۵/۵ b
مرحله رشد										
رویشی	۶۰/۱۰ b	۲۸/۶۱ a	۱۰/۸۱b	۱۵/۳۱ b	۸۸۱/۱۲ b	۳۰/۲۳ a	۲۶/۱۰ b	۲۸۰۲b	۵۸۶۲/۶۲ b	۴۶ b
زایشی	۶۳/۲۷ a	۲۶/۷۶ b	۱۲/۲۹ a	۱۷/۰۳a	۹۵۳/۶۳ a	۲۷/۶۷ b	۲۶/۹۰ a	۳۱۰۸a	۶۵۵۷/۴۲ a	۴۷ a
کم آبیاری										
۱۰۰	۶۹/۹۳ a	۲۳/۶۵ b	۱۴/۵۴ a	۲۲/۷۵ a	۱۴۹۳/۷۵ a	۲۹/۹۲ a	۲۸/۹۰ a	۴۵۵۹/۷ a	۹۳۸۵/ ۶۰a	۴۸/۵a
۸۰	۶۲/ ۶۴b	۲۵/۷۶ b	۱۲/۴۱ b	۲۰/۲۹ b	۱۲۷۸/۲۵ b	۲۹/۶۸ a	۲۷/۵۰ b	۳۹۴۰/۷ b	۸۱۸۹/۶۰ a	۴۸ a
۶۰	۵۹/۴۱ c	۲۹/۸۲ a	۱۰/۳۳c	۱۱/۷۹ c	۵۸۳/۴۲ c	۲۸/۶۳ ab	۲۵/۵۰ c	۲۱۳۱/۲ c	۴۵۷۹/۵۰ b	۴۶b
۴۰	۵۴/۷۶ d	۳۱/۵۰ a	۸/۳۲ d	۹/۸۲ d	۳۱۴/۰۰ d	۲۶/۲۳ b	۲۳/۹۰ d	۱۰۵۲/۵ d	۲۶۸۶/۲۰ c	۳۹ c

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، برای هر تیمار، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۲. مقایسه میانگین برهمکنش کم‌آبیاری و مراحل رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ، رقم سینا (میانگین دو سال)

مرحله رشد	کم‌آبیاری (ظرفیت زراعی)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	اولین انشعاب (سانتی‌متر)	تعداد انشعاب	تعداد غوزه	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	درصد روغن	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (٪)
رویشی	۱۰۰	۶۴/۲۵^{a}	۱۴/۳۳^{d}	۱۲/۸۵^{a}	۲۹/۳۳^{a}	۱۴۷۳^{a}	۳۳/۰۳^{a}	۲۹/۳۰^{a}	۵۱۰۰^{a}	۹۹۱۰^{a}	۵۱/۰۰ ^{a}
	۸۰	۵۷/۳۳^{c}	۱۵/۲۵^{d}	۱۰/۰۵^{b}	۲۷/۳۳^{a}	۱۳۲۴^{b}	۳۱/۰۶^{b}	۲۷/۰۰^{bc}	۳۶۶۰^{b}	۷۶۵۲^{b}	۴۷/۸۰^{a}
	۶۰	۵۴/۳۳^{d}	۲۰/۰۸^{c}	۸/۰۸^{d}	۱۱/۰۰^{c}	۶۰۴^{d}	۳۰/۶۶^{b}	۲۴/۰۶^{e}	۱۶۶۸^{c}	۳۶۲۱^{c}	۴۶/۰۰^{ab}
	۴۰	۴۷/۳۳^{e}	۲۶/۸۳^{a}	۸/۱۶ ^{d}	۸/۶۶^{c}	۳۱۰^{f}	۲۹/۱۶^{b}	۲۳/۰۰^{f}	۹۴۲^{d}	۲۳۹۶^{d}	۳۹/۰۰^{d}
زایشی	۱۰۰	۶۳/۳۳^{ab}	۱۴/۲۵^{d}	۱۲/۶۶ ^{a}	۲۸/۳۳^{a}	۱۵۴۳^{a}	۳۲/۰۰^{a}	۲۸/۳۰^{ab}	۵۱۲۷^{a}	۱۰۱۷۶^{a}	۵۰/۰۰^{a}
	۸۰	۶۰/۷۵^{bc}	۱۵/۰۸^{d}	۱۰/۴۱^{bc}	۲۶/۰۰ ^{a}	۱۴۴۶^{a}	۳۰/۰۶^{b}	۲۹/۳۰^{a}	۵۱۰۰^{a}	۹۸۳۵^{a}	۵۱/۸۰^{a}
	۶۰	۵۴/۲۵^{d}	۲۳/۳۳^{b}	۹/۴۱^{c}	۱۷/۶۶^{b}	۷۳۱^{c}	۲۸/۶۶^{b}	۲۶/۰^{cd}	۱۸۳۰^{c}	۴۲۵۶^{c}	۴۳/۰۰^{bc}
	۴۰	۵۳/۳۳^{d}	۲۳/۸۳ ^{b}	۸/۱۶ ^{d}	۱۶/۳۳ ^{b}	۳۶۵^{e}	۲۵/۰۰^{c}	۲۵/۳۰^{de}	۱۲۵۲^{cd}	۳۰۶۲^{cd}	۴۱/۰۰^{cd}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

جدول ۳. مقایسه میانگین برهمکنش کم‌آبیاری و مراحل رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ، رقم محلی اصفهان (میانگین دو سال)

مرحله رشد	کم آبیاری (ظرفیت زراعی)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	اولین انشعاب (سانتی‌متر)	تعداد انشعاب	تعداد غوزه	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	درصد روغن	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (٪)
رویشی	۱۰۰	۷۵/۵۲^{a}	۳۵/۰۰^{bc}	۱۶/۱۶^{a}	۱۶/۶۶^{a}	۱۴۳۳^{a}	۳۰/۰۰^{a}	۲۹/۶۰^{a}	۳۹۹۳^{a}	۸۶۷۰^{a}	۴۶/۰۰^{a}
	۸۰	۶۵/۷۵^{b}	۳۹/۲۲^{a}	۱۲/۴۱^{c}	۱۲/۰۰^{b}	۱۱۲۶^{c}	۲۹/۶۰^{a}	۲۶/۶۰^{c}	۳۳۴۳^{b}	۷۲۹۸^{a}	۴۵/۸۰^{a}
	۶۰	۵۹/۲۵^{cd}	۳۸/۸۳^{a}	۱۰/۵۸^{d}	۹/۵۰^{bcd}	۴۹۱^{e}	۲۹/۶۳^{a}	۲۵/۰۰^{d}	۲۳۹۰^{d}	۵۱۹۴^{b}	۴۶/۰۰^{a}
	۴۰	۵۷/۰۸^{d}	۳۹/۳۳^{a}	۶/۴۱^{e}	۸/۰۰^{cd}	۲۸۷^{f}	۲۶/۳۳^{c}	۲۳/۶۰^{e}	۷۷۳^{f}	۲۱۶۰^{c}	۳۵/۷۰^{c}
زایشی	۱۰۰	۷۶/۶۶^{a}	۳۱/۰۰^{d}	۱۶/۵۰^{a}	۱۶/۶۶^{a}	۱۵۲۶^{a}	۲۹/۶۳^{a}	۲۸/۳۰^{ab}	۴۰۱۹^{a}	۸۷۸۳^{a}	۴۵/۷۰^{a}
	۸۰	۶۶/۷۵^{b}	۳۳/۵۰^{cd}	۱۶/۳۳^{a}	۱۶/۰۰^{a}	۱۲۱۵^{b}	۲۹/۵۳^{a}	۲۷/۳۰^{bc}	۳۶۶۰^{a}	۷۹۷۳^{a}	۴۵/۹۰^{a}
	۶۰	۶۹/۸۳^{b}	۳۷/۰۸^{ab}	۱۳/۲۵^{b}	۹/۰۰^{cd}	۵۰۷^{d}	۲۵/۶۰^{cd}	۲۶/۰^{cd}	۲۶۳۷^{b}	۵۲۴۷^{b}	۵۰/۰۰^{a}
	۴۰	۶۱/۳۱^{c}	۳۶/۰۰^{ab}	۱۰/۵۸^{c}	۶/۳۰^{d}	۲۹۳^{e}	۲۴/۴۳^{d}	۲۳/۶۰^{e}	۱۲۴۳^{c}	۳۱۲۶^{c}	۳۹/۷۶^{b}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

مصرفی، دوره رشد رویشی گیاه کوتاه‌تر شده و لذا ارتفاع گیاه کمتر خواهد شد. حال اگر تنش خشکی تا مرحله رشد زایشی به تعویق افتد، تغییرات ارتفاع بوته کمتر خواهد بود. کاهش تولید اسیمیلات که در اثر اختلال در فتوسنتز به دلیل تنش خشکی ایجاد می‌شود، به‌خصوص در زمان رشد رویشی که جهت افزایش ارتفاع بوته لازم است از یک طرف، و رقابت بین ریشه و ساقه برای جذب مواد اسیمیله از طرف دیگر، باعث کاهش انتقال مواد به ساقه شده و دلیل احتمالی دیگر کاهش ارتفاع بوته گلرنگ می‌باشد.

ب) فاصله اولین انشعاب از زمین

کاهش رطوبت در هر دو رقم، با افزایش فاصله اولین محل انشعاب شاخه‌ها از سطح زمین همراه بود که این افزایش در رقم محلی اصفهان (۳۶/۹۲ سانتی‌متر) در مقایسه با رقم سینا (۱۹/۱۲ سانتی‌متر) معنی‌دار بود (جدول ۱). بهدانی و جامی‌الاحمدی (۵) دریافتند که بیشتر بودن این صفت در یک رقم نشانگر طولانی‌تر بودن دوره رشد آن نسبت به سایر ارقام می‌باشد. اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی، فاصله اولین محل انشعاب شاخه‌ها از سطح زمین را به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با مرحله زایشی افزایش داد (جدول ۱). با اعمال تیمار کم‌آبیاری و کاهش میزان آب از حالت نرمال به ۶۰٪ ظرفیت زراعی، فاصله اولین محل انشعاب شاخه‌ها از سطح زمین در گلرنگ افزایش یافت (جدول ۱). نتایج برهمکنش تیمارهای کم‌آبیاری و مرحله اعمال تیمار کم‌آبیاری در رقم سینا نشان داد که در هر مرحله از رشد با اعمال کم‌آبیاری، فاصله اولین محل انشعاب شاخه‌ها از سطح زمین تحت تأثیر قرار گرفت. به گونه‌ای که بیشینه فاصله اولین محل انشعاب شاخه‌ها از سطح زمین در تیمار ۴۰٪ ظرفیت زراعی به‌دست آمد که به‌صورت معنی‌داری با سایر سطوح اختلاف داشت (جدول ۲). در رقم محلی اصفهان نیز همین روند دیده شد. لیکن اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی در مقایسه با زایشی، فاصله اولین محل انشعاب شاخه‌ها از سطح زمین را به میزان ۹/۷٪ کاهش داد (جدول ۳). به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد بیشتر بودن ویژگی ارتفاع رقم محلی اصفهان در مقایسه با رقم سینا می‌تواند افزایش ارتفاع اولین انشعاب در رقم محلی اصفهان از سطح خاک را توجیه نماید. ضمن این‌که اعمال زمان تنش در مرحله رشد رویشی و نیز کاهش میزان آب مصرفی نیز در تسریع رشد رویشی و تغییر فاصله اولین انشعاب از سطح خاک بی‌تأثیر نخواهد بود. به گونه‌ای که به‌طورکلی، با کاهش میزان آب مصرفی، ارتفاع اولین انشعاب از سطح خاک در هر دو رقم افزایش نشان داد.

ج) تعداد انشعاب

در هر دو رقم، با کاهش میزان آبیاری، تعداد انشعابات در بوته کاهش یافت که این کاهش در رقم سینا به میزان۲۰/۲٪ در مقایسه با رقم محلی اصفهان (۱۰/۱۹ در مقابل ۱۲/۷۸ سانتی‌متر) معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طورکلی، اعمال کم‌آبیاری در مرحله رویشی، تعداد انشعابات در بوته را به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با مرحله زایشی (۱۰/۸۱ در مقابل ۱۲/۲۹) کاهش داد (جدول ۱). با کاهش میزان آبیاری از حالت نرمال به۸۰، ۶۰ و۴۰ درصد ظرفیت زراعی، تعداد انشعابات به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱). برهمکنش تیمارها در هر دو رقم نشان داد که بیشینه و کمینه تعداد انشعابات در سطح آبیاری نرمال و ۴۰٪ ظرفیت زراعی و اعمال تنش در مرحله رشد رویشی به‌دست آمد. با کاهش میزان آبیاری در هر مرحله رشد، تعداد انشعابات کاهش یافت. ولی این کاهش در مرحله رشد رویشی بیشتر بود (جداول ۲ و ۳). بنابراین به نظر می‌رسد که با افزایش تنش خشکی، تعداد سلول‌های آغازین تشکیل شده جهت انشعابات اولیه و ثانویه تشکیل شده کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش تعداد انشعابات در بوته می‌شود.

د) تعداد غوزه در بوته

به‌طورکلی، بیشینه تعداد غوزه در بوته در رقم سینا (۲۰/۵۸) و کمینه تعداد غوزه در بوته (۱۱/۷۵) در رقم محلی اصفهان

به‌دست آمد (جدول ۱). پراساد و همکاران (۲۱) و حیدری زاده و خواجه‌پور (۹) تعداد کل غوزه در گیاه را با تعداد کل شاخه‌های جانبی مرتبط دانسته‌اند. تفاوت ارقام از نظر تعداد غوزه در بوته توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (۷ و ۱۱). اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی به‌صورت معنی‌داری تعداد غوزه در بوته را کاهش داد (جدول ۱). با اعمال تیمار کم‌آبیاری و کاهش میزان آب از حالت نرمال به ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، تعداد غوزه گلرنگ به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول۱) که با تحقیقات ابل (۱) و کافی و رستمی (۱۱) مطابقت دارد. اثر برهمکنش سطوح کم‌آبیاری و مرحله اعمال تنش رطوبتی در هر دو رقم سینا و محلی اصفهان نشان داد که بیشینه و کمینه تعداد غوزه در بوته در سطح آبیاری نرمال و کاهش رطوبت مزرعه تا ۴۰٪ ظرفیت زراعی و با اعمال تنش در مرحله رشد رویشی به‌دست آمد (جداول ۲ و ۳). تیواری و نامدو (۲۳) با ارزیابی ژنوتیپ‌های خاردار و بی‌خار گلرنگ گزارش کردند که بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و اجزای عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که در شرایط آبیاری مطلوب در مقایسه با تنش خشکی، گیاه با توجه به فراهم بودن آب قادر است مکان‌های بالقوه بیشتری را از طریق افزایش ارتفاع و یا تولید تعداد انشعاب بیشتر جهت تولید غوزه در شاخه‌های اولیه و ثانویه خود داشته باشد. لذا، اعمال تنش خشکی در مرحله رشد رویشی باعث کاهش طول این دوره و نیز کاهش تعداد غوزه در هر بوته خواهد شد.

هـ) تعداد دانه در بوته

نتایج نشان داد که تعداد دانه در بوته در رقم سینا (۹۷۴/۶۷) به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم محلی اصفهان (۸۶۰/۱۶) بود (جدول ۱). اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی، تعداد دانه در بوته را به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با مرحله زایشی (۸۸۱/۱۲ در مقابل ۹۵۳/۶۳) کاهش داد (جدول ۱)، که احتمالاً می‌تواند مربوط به کاهش تعداد غوزه در بوته باشد. به عبارت دیگر، تأثیر تنش خشکی قبل از گل‌دهی موجب کاهش تعداد دانه در غوزه و نهایتاً تعداد کل دانه خواهد شد. درحالی‌که تنش پس از گل‌دهی، وزن هزار دانه را بیشتر متأثر می‌سازد که با نتایج توکلی (۲۲) همخوانی دارد. با کاهش میزان آب از۱۰۰٪ به ۸۰، ۶۰ و۴۰ درصد ظرفیت زراعی، تعداد دانه در بوته گلرنگ به‌صورت معنی‌داری به‌ترتیب به میزان ۱۴/۴، ۶۰/۷ و ۷۰/۲ کاهش یافت (جدول ۱)، که علت آن می‌تواند کاهش کربوهیدرات تولید شده ناشی از تنش آبی باشد. با توجه به این‌که تعداد دانه در غوزه به همراه تعداد غوزه در بوته تعیین‌کننده تعداد کل دانه در گیاه هستند و تعداد کل دانه در گیاه نیز نقش تعیین کننده‌ای در میزان عملکرد بوته خواهد داشت، بنابراین تعداد دانه در غوزه به‌طور مستقیم عملکرد دانه در بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در بررسی‌های ابل (۱)، حیدری‌زاده و خواجه‌پور (۹) و کافی و رستمی (۱۱) تعداد دانه در غوزه تحت تأثیر رقم قرار گرفت. برهمکنش کم‌آبیاری و مرحله اعمال تنش رطوبتی در رقم سینا نشان داد که بیشینه تعداد دانه (۱۵۴۳) در سطح آبیاری نرمال و کمینه تعداد دانه (۳۱۰) در مرحله رشد رویشی با کاهش رطوبت خاک تا ۴۰٪ ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جدول ۲). در رقم محلی اصفهان نیز همین روند مشاهده شد و با کاهش میزان آب آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰، ۶۰ و۴۰ درصد، تعداد دانه به‌ترتیب به میزان ۲۰، ۶۶ و ۸۰ درصد کاهش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد کاهش تعداد دانه در بوته در اثرتنش خشکی می‌تواند به دلیل سقط جنین در بعضی از غوزه-ها باشد که خود منجر به کاهش تعداد دانه در بوته می‌گردد. فرخی‌نیا و پاسبان اسلام (۷) در بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد دو رقم گلرنگ دریافتند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار تعداد غوزه در بوته و تعداد دانه می‌شود.

و) وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که وزن هزار دانه در رقم سینا به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم محلی اصفهان بود (جدول ۱)، که می‌تواند مربوط به ویژگی ژنتیکی و فیزیولوژیک این رقم باشد. اعمال تنش

رطوبتی در مرحله زایشی، در مقایسه با مرحله رویشی، وزن هزار دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۱). به عبارت دیگر، اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه به دلیل کاهش مقدار کربوهیدرات تولیدی می‌تواند دلیل کاهش وزن هزار دانه باشد. وزن هزار دانه تحت تنش شدید آبی به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۱) که با نتایج بهدانی و جامی‌الاحمدی (۵) مطابقت دارد. برهمکنش سطوح آبیاری و مرحله اعمال تنش رطوبتی در رقم سینا نشان داد که بیشینه وزن هزار دانه (۳۳ گرم) در سطح آبیاری نرمال و مرحله رویشی و کمینه آن (۲۵ گرم) در مرحله رشد زایشی و با کاهش رطوبت تا ۴۰٪ ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جدول ۲). به‌طورکلی، با اعمال کم‌آبیاری در هر دو مرحله رشد، وزن هزار دانه کاهش یافت، که این کاهش در مرحله رشد زایشی به‌صورت معنی‌داری بیشتر از رشد رویشی بود (جدول ۲). همین روند نیز در رقم محلی اصفهان مشاهده شد (جدول ۳). میانگین اثرهای اصلی در هر دو رقم نیز نشان داد که با اعمال کم‌آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی، وزن هزار دانه به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (جداول ۲ و ۳). استانبولوگلو و همکاران (۱۰) طی مطالعه‌ای بیان کردند که وزن هزار دانه به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر شرایط کم‌آبیاری قرار می‌گیرد.

ز) درصد روغن دانه

درصد روغن دانه در رقم سینا بیشتر از رقم محلی اصفهان بود، ولی تفاوت معنی‌داری با آن نداشت (جدول ۱). با تغییر زمان اعمال تنش رطوبتی از مرحله رشد رویشی به زایشی، درصد روغن دانه افزایش یافت، که این افزایش معنی‌دار بود (جدول ۱). این امر می‌تواند در ارتباط با افزایش وزن هزار دانه و یا ویژگی دیگر مانند افزایش ضخامت پوسته بذر باشد. هم‌چنین با کاهش میزان آب از حالت نرمال به ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، درصد روغن گلرنگ به‌ترتیب به میزان ۴/۸۴، ۱۳/۴۹ و ۱۷/۳ به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت، که با نتایج پاسبان اسلام (۲۰) همخوانی دارد. به عبارت دیگر، هزینه‌هایی که گیاه در برخورد با شرایط تنش خواهد داشت مانند تنظیم اسمزی و افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه از یک طرف و نیز کاهش فتوسنتز از سوی دیگر موجب کاهش انرژی لازم برای ساخت موادی مانند روغن می‌شود که نیاز به انرژی بیشتری دارد و لذا درصد روغن کاهش می‌یابد. برهمکنش سطوح آبیاری و مرحله اعمال تنش رطوبتی در هر دو رقم سینا و محلی اصفهان نشان داد که اعمال تنش رطوبتی در هر مرحله از رشد باعث کاهش درصد روغن دانه می‌شود. بیشینه درصد روغن دانه در دو رقم سینا و محلی اصفهان (به‌ترتیب ۲۹/۳ و ۲۹/۶ درصد) در سطح آبیاری نرمال به‌دست آمد و کمینه درصد روغن (به‌ترتیب ۲۳/۱ و ۲۳/۶ درصد) در مرحله رشد رویشی با کاهش رطوبت تا ۴۰٪ ظرفیت زراعی حاصل شد (جداول ۲ و ۳). البته این کاهش می‌تواند مربوط به کم شدن اسیدهای چرب اشباع باشد (۴).

ح) عملکرد دانه

بیشینه عملکرد دانه در رقم سینا (۳۰۸۵ کیلوگرم در هکتار) و کمینه عملکرد دانه در رقم محلی اصفهان (۲۷۵۷ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۱) که با مطالعات خیدیر (۱۲) مطابقت دارد. مرحله اعمال تنش آبی، عملکرد دانه را به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد، به گونه‌ای که کمینه عملکرد دانه گلرنگ (۲۷۱۸/۵ کیلوگرم در هکتار) با اعمال تیمار کم‌آبیاری در مرحله رشد رویشی به‌دست آمد و عملکرد دانه را به میزان ۱۲/۵ درصد در مقایسه با مرحله رشد زایشی کاهش داد (جدول ۱). به‌طورکلی، کاهش میزان آب از حالت نرمال به ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، عملکرد دانه بوته گلرنگ را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد (جدول ۱)، که با نتایج امیدی (۱۸) مطابقت دارد. به عبارت دیگر، به نظرمی‌رسد که کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش جذب آب و به دنبال آن مواد غذایی باشد که خود می‌تواند باعث کاهش رشد گیاه، گسترش برگ و جذب نور و پتانسیل فتوسنتزی گیاه شود. برهمکنش سطوح آبیاری و مرحله اعمال

تنش رطوبتی در هر دو رقم سینا و محلی اصفهان نشان داد که بیشینه عملکرد دانه در سطح آبیاری نرمال و اعمال تنش در مرحله زایشی به‌دست آمد و کمینه عملکرد دانه با کاهش رطوبت تا ۴۰٪ ظرفیت زراعی و در مرحله رشد رویشی به‌دست آمد (جداول ۲ و ۳). به‌طورکلی، هر چند با کاهش میزان آب در هر مرحله از رشد، عملکرد دانه هر دو ژنوتیپ کاهش یافت، لیکن این کاهش در رقم محلی اصفهان بیشتر بود (جداول ۲ و ۳). به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد شاید توانایی بیشتر تنظیم اسمزی رقم سینا باعث برتری عملکرد دانه آن حتی در شرایط تنش خشکی باشد. به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان داد که در هر شرایطی از تنش رطوبتی از لحاظ کلیه صفات، به‌خصوص عملکرد دانه در واحد سطح، تفاوت بسیار معنی‌داری بین دو ژنوتیپ وجود داشت. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد در ارقام مورد مطالعه گلرنگ بهاره، تنش خشکی عمدتاً از طریق کاهش اجزای عملکرد دانه باعث افت عملکرد دانه می‌گردد. ابل (۱) مهم‌ترین اجزای عملکرد در گلرنگ را به‌ترتیب تعداد غوزه در واحد سطح و تعداد دانه در غوزه دانست و بیان کرد که برای حصول عملکرد زیاد لازم است که این دو جزء تغییر یابند. بنابراین به نظر می‌رسد به‌نژادی ارقام با هدف تولید تعداد بیشتر غوزه در بوته، با انجام آن دسته از عملیات به زراعی همانند تنظیم مقادیر آبیاری، سبب تولید غوزه اصلی بیشتری می‌شود که می‌تواند گامی مؤثر در افزایش عمکلرد دانه گیاه گلرنگ باشد. به نظر می‌رسد که رقم سینا با توجه به عملکرد قابل قبول در تیمار ۸۰٪ ظرفیت زراعی در مرحله زایشی مناسب مناطق خشک و نیمه خشک باشد که ضمن صرفه‌جویی در میزان مصرف آب، تولید اقتصادی نیز دارد.

ط) عملکرد بیولوژیک

بیشینه عملکرد بیولوژیک در رقم سینا (۶۳۶۳/۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که به‌صورت معنی‌داری با رقم محلی اصفهان (۶۰۵۶/۳۷ کیلوگرم در هکتار) تفاوت نشان داد (جدول ۱). بهدانی و جامی‌الاحمدی (۵) دریافتند که تفاوت معنی‌داری بین ارقام از نظر عملکرد بیولوژیک در واحد سطح وجود داشت. با تغییر زمان اعمال تنش رطوبتی از مرحله رویشی به زایشی، عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۱). با اعمال تیمار کم‌آبیاری و کاهش میزان آب آبیاری از حالت نرمال به ۶۰،۸۰ و۴۰ درصد ظرفیت زراعی، عملکرد بیولوژیک گلرنگ به‌صورت معنی‌داری به ترتیب به میزان ۱۲/۷، ۵۱/۲ و ۷۰/۱ درصد کاهش یافت (جدول ۱). نتایج برهمکنش سطوح آبیاری و مرحله اعمال تنش رطوبتی در هر دو رقم سینا و محلی اصفهان نشان داد که بیشینه عملکرد بیولوژیک در سطح آبیاری نرمال و کمینه عملکرد بیولوژیک در مرحله رشد رویشی و با کاهش رطوبت تا ۴۰٪ ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جداول ۲ و ۳). نتایج برهمکنش زمان اعمال تنش رطوبتی و رقم نشان داد که در رقم سینا با تغییر زمان اعمال تنش از رویشی به زایشی، میزان عملکرد بیولوژیک ۱۵/۹٪ (۵۸۹۵/۳ در مقابل ۶۸۳۲/۳ کیلوگرم در هکتار) و در رقم محلی اصفهان ۷/۷٪ افزایش یافت (جداول ۲ و ۳). به عبارت دیگر، تحت شرایط تنش خشکی، به نظر می‌رسد به منظور افزایش جذب آب، گیاهان مشارکت بیشتری در اختصاص مواد به ریشه‌ها داشته باشند و با کاهش مقدار تولید بیوماس میزان مصرف آب را کاهش دهند. از طرف دیگر، کاهش در کل تولید ماده خشک تحت شرایط تنش می‌تواند در نتیجه کاهش رشد گیاه، فتوسنتز و یا حتی ساختار سایه انداز گیاه در مدت تنش باشد.

ی) شاخص برداشت

نتایج نشان داد که بیشینه شاخص برداشت (۴۸/۲٪) در رقم سینا و کمینه شاخص برداشت (۴۵/۵٪) در رقم محلی اصفهان به‌دست آمد (جدول ۱). به عبارت دیگر، در رقم سینا، تخصیص مواد فتوسنتزی تولید شده به بخش زایشی و تولید دانه بیشتر بوده است که با نتایج بهدانی و جامی‌الاحمدی (۵) مطابقت دارد. اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی، شاخص برداشت را در مقایسه با مرحله زایشی به‌صورت

معنی‌داری کاهش داد (جدول ۱). با اعمال تیمار کم‌آبیاری و کاهش میزان آب از حالت نرمال به ۶۰ و۴۰ درصد ظرفیت زراعی، شاخص برداشت گلرنگ به‌صورت معنی‌داری به میزان ۵/۱ و ۱۹/۶ درصد کاهش یافت (جدول ۱). به عبارت دیگر، تأثیر تنش خشکی با تغییر ارتباط بین عملکرد دانه و کل بیوماس تولیدی از طریق تغییر توزیع مواد پرورده، شاخص برداشت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برهمکنش سطوح آبیاری و مرحله اعمال تنش رطوبتی در هر دو رقم سینا و محلی اصفهان نشان داد که بیشینه شاخص برداشت در سطح آبیاری نرمال و کمینه شاخص برداشت در مرحله رشد رویشی با کاهش رطوبت تا ۴۰٪ ظرفیت زراعی به دست آمد (جداول ۲ و ۳). اعمال تنش رطوبتی در هر مرحله رشد باعث کاهش شاخص برداشت گلرنگ گردید که این کاهش در رقم سینا از ۱۰۰ به ۶۰ و در رقم محلی اصفهان از ۱۰۰ به ۴۰ درصد ظرفیت زراعی معنی‌دار بود (جداول ۲ و ۳).

نتیجه‌گیری

کم‌آبیاری یکی از روش‌های مهم زراعی می‌باشد که ضمن حصول عملکرد قابل قبول، باعث افزایش راندمان استفاده از آب می‌شود. در این راستا، تعیین مرحله حساس به کم‌آبیاری و انتخاب رقم مناسب گلرنگ که توان سازگاری بیشتری با این شرایط را دارد گامی مهم در دست‌یابی به عملکرد قابل قبول می‌باشد. نتایج نشان داد که به‌طورکلی هر چند کم‌آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه گلرنگ گردید، لیکن برهمکنش کم‌آبیاری و رقم نشان داد که رقم گلرنگ خاردار (سینا) در مقایسه با رقم بدون خار گلرنگ (محلی اصفهان) در تمام سطوح‌آبیاری دارای عملکرد بیشتری بود. هم‌چنین نتایج برهمکنش زمان اعمال کم‌آبیاری و میزان آبیاری نشان داد که عملکرد دانه با اعمال کم‌آبیاری در مرحله زایشی و کاهش میزان رطوبت خاک تا ۸۰٪ ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری نشان نداد. لذا با توجه به نتایج به‌دست آمده، عملکرد دانه بهینه گلرنگ در تیمار کم-آبیاری تا سطح ۸۰٪ ظرفیت زراعی در مرحله رشد زایشی و در رقم سینا به‌دست آمد که ضمن تولید قابل قبول، باعث کاهش مصرف آب نیز گردید.

منابع مورد استفاده

1. Able, G. H. 1976. Effects of irrigation regimes, planting date, nitrogen levels, and spacing on safflower cultivars. *Agronomy Journal* 68: 448-451.
2. Anonymous. 2007. Agricultural Statistical Book. 2005-2006. Ministry of Jahad-e-Agriculture, Tehran, Iran.
3. AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices. The American Oil Chemists Society, Champaign, IL.
4. Ashrafi, E. and KH. Razmjoo. 2010. Effect of irrigation regimes on oil content and composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *The Journal of American Oil Chemists Society* 87: 499-506.
5. Behdani, M. A. and M. Jami Al-Ahmadi. 2010. Response of spring safflower cultivars to different interval of irrigation. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8: 315-323.
6. Erie, L. J. and O. F. French. 1969. Growth, yield and yield components of safflower as affected by irrigation regimes. *Agronomy Journal* 6: 111-113.
7. Farokhinia, M. and B. Pasban Eslam. 2010. Evaluation of physiological and agronomical characteristic of spring safflower under drought stresses. The National Oil Crops Congress, 23-25 Sep., Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, pp. 909-912.
8. Farokhinia, M., M. Roshdi, B. Pasban Eslam and R. Sasandoost. 2011. Study of some physiological traits and yield in spring safflower under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crops Science* 42(3): 545-555.
9. Heydaryzadeh, P. and M. R. Khajehpour. 2008. The response of safflower genotypes, local variety Kouseh to planting date. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science* 42: 69-80.

10. Istanbulluoglu, A., E. Gocmen, E. Gezer, C. Pasa and F. Konukcu. 2009. Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agricultural Water Management* 96: 1429-1434.
11. Kaffi, M. and M. Rostami. 2008. Yield characteristics and oil content of three safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. *Iranian Journal of Field Crops Research* 5(1): 121-131.
12. Khidir, M. O. 1974. Genetic variability and inter-relationship of some quantitative characters in safflower. *The Journal of Agricultural Science* 83: 197-202.
13. Kooks, R. A. and R. Klark 1996. Drought resistance in soybean cultivar. I .Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-912.
14. Mathews, R. B., D. M. Reddy, A. U. Rani, S. N. Azam-Ali and J. M. Peacock. 1990. Response of four sorghum lines to mid-season drought. I. Growth, water use and yield. *Field Crops Research* 5: 279-296.
15. Micheal, A.M. and T. P. Ojha. 1987. Principles of Agricultural Engineering. Volume II, Jain Brothers, New Delhi, 655 p.
16. Mousavi Far, A., M. A. Behdani, M. J. Jami Al-Ahmadi and M. Hosseini Bajd. 2010. The effect of deficit irrigation on growth and yield of spring safflower genotypes in Brigand. *Journal of Agroecology* 2(4): 627-639.
17. Naderi, M. R., G. Nurmohammadi., A. Majidi., F. Darvish and A. H. Shiranirad. 2004. Response of three summer safflower to different intensities of drought stress. *Journal of Agriculture Sciences* 4: 3-14.
18. Omidi, A. H. 2011. Effect of irrigation withhold at different growth stages on grain yield and stress tolerance indices of three safflower cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences* 13(1): 116-130. (In Farsi).
19. Paleg, L. G. and D. Aspinall. 1981. Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants. Academic Press, New York.
20. Pasban Eslam, B. 2011. Evaluation of physiological indices for improving water deficit tolerance in spring safflower. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13: 327-338.
21. Prasad, S., R. K. Agrawal and B. K. Chaudhary 1992. Correlation and path coefficient studies in hybrids. Third International Safflower Conference, Beijing, China, pp. 69-75.
22. Tavakoli, A. 2002. Evaluation of the effect of irrigation disruption in different growth stages on yield and yield components of safflower plant. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, Iran.
23. Tiwari, K. P. and K. N. Namdeo. 2000. Study on special arrangement and fertility levels on the spiny and spineless genotypes of safflower. Zonal Agricultural Research Station, Tikamgarh, India, pp. 97-100.