

بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب

مریم فرخی نیا^۱، محسن رشدی^۲، بهمن پاسبان اسلام^{۳*} و رضا ساسان دوست^۴
۱، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و عضو باشگاه پژوهشگران جوان، ۲، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، ۳، ۴، استادیاران دانشگاه آزاد اسلامی خوی
(تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۸ - تاریخ تصویب: ۹۰/۳/۱۸)

چکیده

دانه روغنی گلرنگ برای شرایط محیطی مواجه با تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی و شوری، از قابلیت سازگاری بالایی برخوردار است. پژوهش با هدف ارزیابی اثرات تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژیک روی محتوای نسبی آب برگ (RWC)، دمای تاج پوشش برگ، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ بهاره در قالب طرح آماری فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی سال زراعی ۱۳۸۶ به اجرا درآمد. فاکتور رقم شامل محلی اراک-۲۸۱۱ و محلی اصفهان و فاکتور آبیاری شامل ۴ سطح بدون تنش و کمبود آب در مراحل ساقه‌روی، گل‌دهی و پرشدن دانه‌ها بودند. نتایج به دست آمده نشان داد که کمبود آب در مراحل مورد مطالعه، کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، ارتفاع طبق‌دهی، قطر طبق، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن، دمای تاج پوشش برگ و RWC را باعث گردید. با توجه به اینکه بیشترین افت عملکرد دانه و روغن در شرایط کمبود آب در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها رخ داد، بنابراین تأمین آب کافی در این مراحل جهت حصول عملکرد قابل قبول ضروری به نظر می‌رسد. بروز خشکی در مرحله ساقه‌روی، ارتفاع بوته و طبق‌بندی را کاهش داد. بین دو رقم مورد مطالعه از نظر RWC، تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته، درصد روغن دانه، عملکرد دانه و روغن تفاوت معنی‌داری دیده شد و رقم محلی اصفهان در شرایط عادی و تنش کمبود آب نسبت به محلی اراک-۲۸۱۱ همواره در سطح بالاتری قرار داشت. بین عملکرد دانه با تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، قطر طبق، وزن هزاردانه و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری دیده شد. همچنین بین RWC، دمای تاج پوشش برگ با یکدیگر و با عملکرد دانه و روغن همبستگی‌های معنی‌داری دیده شد. به نظر می‌رسد از شاخص‌های دمای تاج پوشش برگ و محتوای نسبی آب برگ برای شناسایی اثرات کمبود آب در گلرنگ بهاره بتوان استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد دانه، گلرنگ بهاره.

مقدمه

افزایش آن است (Omidi Tabrizi et al., 2002).

Pourdard (1999) با ارزیابی ۱۷۱ رقم و توده گلرنگ در شرایط دیم سرارود کرمانشاه، گزارش کرد که بالا بودن عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های پرمحصول مربوط به سه جزء اصلی عملکرد دانه شامل تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه بود. تنش شدید خشکی باعث کاهش مقدار روغن تولیدی در گلرنگ شده و با کاهش بیشتر مقدار اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه و افزایش نسبت اسیدهای چرب اشباع، در نهایت موجب بالا رفتن درجه اشباع بودن روغن گلرنگ می‌گردد (Hamrouni et al., 2001). گزارش شده است تنش خشکی با افزایش کربوهیدرات‌های محلول در آب باعث القای تحمل به خشکی در گلرنگ می‌گردد (Yau, 2006).

Ehdaie & Nour Mohammadi (1984) با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد در دو رقم گلرنگ به نام‌های نبرسکا-۱۰ و محلی اراک-۲۸۱۱، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و درصد روغن دانه مشاهده کردند. همچنین در آزمایش مذکور اختلاف معنی‌داری بین دو رقم از نظر تعداد دانه در طبق دیده شد.

Singh & Kumar (1998) گزارش کردند محتوای آب نسبی برگ در شرایط کمبود آب و تداوم آن در طول فصل به طور مداوم کاهش یافته و افت رشد گیاه را باعث می‌شود. اندازه‌گیری دمای برگ و دمای تاج پوشش برگ می‌تواند به عنوان یک روش متداول برای ارزیابی شدت تنش خشکی در گیاهان به کار رود (Carcova et al., 1998).

تغییرات دمای تاج پوشش برگ با شدت تنش خشکی همبستگی داشته و با کاهش آب قابل استفاده خاک، پتانسیل آب گیاه و در نتیجه تعرق برگ، دمای تاج پوشش برگ افزایش می‌یابد. همچنین دمای تاج پوشش برگ با محتوای نسبی آب برگ همبستگی داشته و با کاهش آن، افزایش می‌یابد (Kumar & Singh, 1998). در یک آزمایش مزرعه‌ای بر روی سه رقم یونجه مشاهده گردید که مقادیر پایین‌تر هدایت روزنه‌ای با دماهای بالاتر تاج پوشش برگ مطابقت دارد (Johnson & Rumbaugh, 1995). گزارش‌های متعددی

میزان تولید دانه‌های روغنی در کشور به طور متوسط سالانه حدود ۶۰۰ هزار تن می‌باشد ولی بخش عمده‌ای از روغن مصرفی از منابع خارجی تأمین می‌گردد (Anonymous, 2007). گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه و دامنه سازگاری گسترده نسبت به شرایط آب و هوایی کشور، از آینده نوید بخشی در توسعه کشت دانه‌های روغنی برخوردار است. با توجه به طولانی بودن دوره رشد گلرنگ پاییزه، در حال حاضر برای کاهش آن و توجیه اقتصادی محصول تولید شده نسبت به مدت زمان اشغال مزرعه توسط این گیاه، به نظر می‌رسد کشت بهاره آن در اراضی با کارایی متوسط و کم‌بازده از اولویت بیشتری برخوردار باشد (Kafka & Kearney, 1998). Kumar (2000) با ارزیابی پتانسیل توسعه کشت گلرنگ و آفتابگردان در کشور هندوستان و تطبیق آنها به این نتیجه رسید که سود حاصل از تولید گلرنگ بالاتر از تولید آفتابگردان در مساحت مشخصی از مزرعه است. وی علت اصلی این امر را تحمل بالاتر گلرنگ به کمبود آب به خاطر داشتن ریشه‌هایی با توان جذب آب بالاتر از لایه‌های عمیق‌تر خاک (Weinberg et al., 2005) دانست. گزارش شده است که تنش خشکی با افزایش کربوهیدرات‌های محلول در آب باعث القای تحمل به خشکی در گلرنگ می‌گردد (Yau, 2006). تنش خشکی در مرحله رشد رویشی اغلب سبب کاهش ارتفاع گیاه، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها، ماده خشک تولید شده، فتوسنتز جاری، ذخیره مواد غذایی در ساقه و اندام‌های رویشی شده و در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Kumar, 2000). از بین اجزای عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته و وزن هزاردانه در تعیین عملکرد گلرنگ بهاره نقش برجسته‌تری داشته و نقش فرآورده‌های فتوسنتزی غیرساختاری ذخیره شده در اندام‌های رویشی به ویژه ساقه گلرنگ پیش از مرحله گلدهی در پشتیبانی عملکرد دانه تحت شرایط محدودیت آب طی دوره پر شدن دانه‌ها برجسته است (Koutroubas et al., 2004). تعداد طبق در بوته یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه در گلرنگ می‌باشد که رشد رویشی بالا و وجود انشعابات اصلی و فرعی از علل

با حفر پروفیل، مورد بررسی قرار گرفت. برای کنترل آب خاک از روش وزنی استفاده گردید ظرفیت مزرعه‌ای خاک (FC) و نقطه پژمردگی دائم (WP) با استفاده از نمونه‌های دست نخورده خاک در حالت ۲۴ ساعت پس از اشباع خاک برای ظرفیت مزرعه‌ای و قرار دادن در دستگاه مکش با ۱۵ اتمسفر فشار منفی برای نقطه پژمردگی دائم، مقادیر مربوطه برای خاک در دو عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و ۳۰ تا ۷۰ سانتی‌متر (با توجه به لایه بندی پروفیل خاک) مشخص و از قفاضل آنها میزان آب قابل استفاده خاک (AW) تعیین شد. در طول آزمایش آب قابل استفاده خاک با نمونه‌برداری از عمق ریشه‌دوانی مؤثر خاک (بسته به مرحله رشدی گیاه) توسط سیلندر نمونه‌برداری و انتقال آن به آون، به صورت درصد وزنی رطوبت تعیین می‌شد. آبیاری تیمارهای تنش به هنگام تخلیه شدن ۷۰ تا ۷۵ درصد آب قابل استفاده خاک صورت می‌گرفت. آبیاری کرت‌های تیمار آبیاری نیز با تخلیه حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد آب قابل استفاده خاک انجام شد. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، در دوره اعمال تنش بارندگی صورت نگرفت ولی برای مهار بارندگی‌های احتمالی پوشش نایلونی بر روی کرت‌های تحت تنش پیش‌بینی شده بود که مورد استفاده قرار نگرفت.

حاکمی از آن است که دمای تاج پوشش برگ می‌تواند به عنوان شاخص مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در گندم و ذرت به کار گرفته شود (Carcova et al., 1998; Golestani Araghi & Assad, 1998). اهداف مطالعه شناسایی مراحل فنولوژیک حساس‌تر به تنش کمبود آب، ارزیابی قابلیت برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک برای شناسایی اثرات کمبود آب و بررسی اثرات آن روی محصول دهی گلرنگ بهاره بودند.

مواد و روش‌ها

پژوهش در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی، طی سال زراعی ۱۳۸۶ به صورت بهاره به اجرا درآمد. مشخصات آب و هوایی منطقه آزمایش در جدول ۱ آمده است. آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد. فاکتور اول شامل دو رقم گلرنگ بهاره به نام‌های محلی اراک-۲۸۱۱ و محلی اصفهان و فاکتور دوم شامل سطوح بدون تنش و کمبود آب در مراحل ساقه‌روی، گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها بود. برای اعمال تیمار آبیاری، خاک مزرعه در افق توزیع ریشه‌های گیاه (تا عمق ۹۰ سانتی‌متری)

جدول ۱- شرایط آب و هوایی ایستگاه خسروشهر در طول دوره آزمایش طی سال زراعی ۱۳۸۶

ماه‌های سال	میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین کل دما (درجه سانتی‌گراد)	مجموع بارندگی (میلی متر)
فروردین	۳/۲	۱۲/۷	۷/۹	۵۳/۶
اردیبهشت	۹/۸	۱۸/۴	۱۴/۱	۳۴/۴
خرداد	۱۵/۱	۲۹/۴	۲۲/۳	۲۱/۵
تیر	۱۸/۳	۳۰/۷	۲۴/۵	۰/۲
مرداد	۱۸	۳۲/۳	۲۵/۲	۱
شهریور	۱۵/۸	۳۰/۲	۲۳	۱/۸

پتاسیم ۶۰ کیلوگرم در هکتار استفاده و با خاک مخلوط گردید. نصف اوره و تمامی سایر کودها در زمان کاشت و نصف دیگر اوره در زمان غنچه‌دهی به کار رفت. کشت در تاریخ ۲۰ فروردین ماه انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۵ متر که ابعاد کاشت بین ردیف‌ها و روی ردیف‌ها به ترتیب ۵۰ و ۷

مزرعه آزمایشی سال قبل تحت آیش قرار داشت. با گاورو شدن زمین در فروردین ماه، عملیات آماده‌سازی خاک شامل شخم سطحی، دیسک و ماله‌کشی انجام شد. بر اساس نتایج آزمون خاک و برای بهبود تغذیه گیاهان، از کودهای اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، سوپرفسفات تریپل ۷۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات

اندک غوطه‌ور شده و پس از خشک کردن آب روی آنها با کاغذ خشک‌کن، وزن شدند (وزن تورم کامل)، سپس نمونه‌ها داخل پاکت‌های کاغذی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شده و بعد وزن خشک آنها اندازه‌گیری گردید. در نهایت RWC از رابطه زیر محاسبه شد (Kumar & Singh, 1998):

$$RWC = \frac{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})}{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تورم کامل})}$$

دمای تاج پوشش برگی نیز در طول دوره تنش با دماسنج مادون قرمز مدل T2-825 ساخت کارخانه تستو (Testo) ایتالیا بین ساعات ۱۲ تا ۱۴ برای همه کرت‌ها اندازه‌گیری شد (Kumar & Singh, 1998). در نهایت برای تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها و تعیین همبستگی ساده صفات از نرم‌افزارهای آماری MSTATC و SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

تنش کمبود آب طی مراحل فنولوژیک مورد مطالعه در گلرنگ اثر معنی‌داری بر روی ارتفاع بوته، ارتفاع طبق‌بندی، قطر طبق، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و روغن، محتوای نسبی آب برگ و دمای تاج پوشش برگی داشت (جدول ۲). بین دو ژنوتیپ مورد مطالعه گلرنگ بهاره محلی اراک-۲۸۱۱ و محلی اصفهان از نظر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، درصد روغن دانه، عملکرد دانه و روغن و محتوای نسبی آب برگ، اختلاف معنی‌داری دیده شد. در واقع از بین صفات مورد مطالعه تنها درصد روغن دانه‌ها تأثیر معنی‌داری از کمبود آب نپذیرفت (جدول ۲). همچنین اثر متقابل تنش با ژنوتیپ بر روی تعداد طبق در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و روغن، درصد روغن

سانتی‌متر و عمق کاشت بذور ۴-۳ سانتی‌متر بود. برای جلوگیری از نفوذ آب بین کرت‌های تحت تنش و بدون تنش، ۳ متر بین هر کرت و ۴ متر بین هر بلوک فاصله داده شد. شوری خاک مزرعه به طور متوسط ۲/۶ دسی‌زیمنس بر متر و pH آن ۸/۱ بود. در طول دوره آزمایش عملیات مدیریتی مزرعه از قبیل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و آفات برحسب نیاز صورت گرفتند. در مرحله روزت (۶ برگی) با استفاده از حشره‌کش سیوین به نسبت یک در هزار علیه طوقه‌بر و در مرحله طبق‌دهی دوبار با فاصله ۱۰ روز با سم دیازینون به غلظت یک در هزار علیه مگس گلرنگ سمپاشی انجام شد. برداشت مزرعه به صورت کفبری و به روش دستی و با حذف اثر حاشیه‌ها صورت گرفت. با مشاهده علائم رسیدگی فیزیولوژیک در اوایل شهریور ماه ارتفاع بوته، ارتفاع اولین طبق از سطح خاک، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته، وزن هزاردانه، در ۱۰ بوته انتخابی به صورت تصادفی از هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری شدند. عملکرد دانه و شاخص برداشت پس از حذف حاشیه‌ها با برداشت کل بوته‌های هر کرت آزمایشی تعیین گردید. شاخص برداشت از نسبت وزن دانه به وزن کل بوته به دست آمد. در نهایت درصد روغن دانه‌ها به روش استخراج پیوسته سوکسله تعیین گردید (Mimezami Ziabari & Sanei Shariat Panah, 1996).

همچنین بعد از هر بار اعمال تنش به منظور تعیین میزان نسبی آب برگ (RWC)، سه دیسک برگی به قطر بیست میلی‌متر از برگ‌های هر نمونه جدا گردیده و بلافاصله وزن گردیدند (وزن تر)، سپس نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در داخل پتری‌دیش‌های محتوی آب مقطر دو بار تقطیر شده با دمای حدوداً ۵ درجه سانتی‌گراد و نور

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده بر روی ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره در شرایط آبیاری و کمبود آب طی سال زراعی ۸۶

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		ارتفاع بوته	ارتفاع طبق‌بندی	قطر طبق	تعداد دانه در طبق	تعداد طبق در بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن	شاخص برداشت	محتوای نسبی آب برگ
تکرار	۲	۰/۷۸۲	۳۷/۱۷	۰/۲۹	۵/۶۸۷	۲/۷۵۴	۰/۲۴۵	۳۷۳۱/۵۴۲	۰/۳۳	۳۹۹/۷۶۲	۰/۰۰۱	۲/۲۶۸
تنش	۳	۴۳۴/۳۴۳**	۱۳۲/۲۰**	۵/۷۰**	۲۱۶/۱۳۵**	۱/۴۴۴**	۵/۴۴۷*	۸۸۴۶۳۸/۹۳۱**	۲/۵۲۳	۱۰۳۵۵۲/۲۴۲**	۰/۰۰۱	۲/۲۶۰*
ژنوتیپ	۱	۹۱/۲۶	۲/۹۴	۰/۳۲	۲۷۶/۰۸۲**	۸۶/۲۶۰**	۱/۵۰۰	۳۵۴۵۳۷/۰۴۲**	۱۷۴/۹۶۰**	۳۱۱۵۸۵/۳۹۹**	۰/۰۰۱	۰/۰۷۹
تنش × ژنوتیپ	۳	۹۲/۰۴۱	۱۸/۷۵	۰/۳۲	۵/۴۴۶	۴۷/۰۰۸**	۴/۸۹۰*	۳۷۱۵۸۰/۲۶۶**	۲/۵۵۲*	۳۰۳۱۹/۷۵۳**	۰/۰۰۲	۰/۲۱۰
اشتباه آزمایش	۱۴	۶۴/۳۱۵	۱۱/۷۸	۰/۴۲	۹/۰۶۴	۰/۳۶۲	۱/۳۵۳	۱۴۹۷۲/۳۰۴	۰/۷۶۲	۲۱۷۷/۳۷۱	۰/۰۰۵	۰/۶۱۶
ضریب تغییرات (%)		۹/۸۳	۴/۹۱	۲/۵۶	۶/۷۶	۴/۹۱	۳/۸۰	۴/۲۸	۲/۷۶	۵/۱۶	۶/۲۷	۷/۹۸

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

گزارش شده است تنش خشکی به‌ویژه در مرحله گل‌دهی گلرنگ، باعث کاهش تعداد دانه در طبق گردید (Shokree et al, 2007). خشکی در مرحله گل‌دهی باعث خشک شدن دانه کرده و افت میزان تلقیح شده و در نتیجه درصد دانه‌های پوک در طبق افزایش و یا تعداد دانه در طبق کاهش می‌یابد (Oelke, 2004). کمبود آب در مرحله ساقه روی کاهش میانگین ارتفاع بوته و ارتفاع طبق‌بندی به ترتیب از ۸۲ و ۷۱ سانتی‌متر در شرایط عادی به ۷۰ و ۶۳ سانتی‌متر را باعث گردید (جدول ۳). در گلرنگ ارتفاع بوته و به تبع آن ارتفاع طبق‌بندی در مرحله ساقه‌بندی تعیین می‌گردد و با شروع مرحله زایشی و شکفتن گل‌ها رشد طولی متوقف می‌گردد. بنابراین تنش در مرحله ساقه روی ارتفاع بوته‌ها را کاهش می‌دهد. نشان داده شده است وقوع خشکی در مرحله ساقه‌روی گلرنگ با کاهش فتوسنتز و در نتیجه کمبود مواد پرورده، کاهش ارتفاع بوته و عملکرد دانه را باعث می‌گردد (Tavakolee Zanialee, 2002). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته و ارتفاع اولین طبق از سطح خاک دیده شد (جدول ۵). بنابراین بالا بودن ارتفاع بوته با افزایش ارتفاع طبق‌بندی همراه بود.

تنش در مرحله پرشدن دانه‌ها باعث کاهش میانگین قطر طبق از ۲۶/۳ میلی‌متر به ۲۴/۰ میلی‌متر گردید (جدول ۳). هماهنگ با آن میانگین تعداد دانه در طبق نیز از ۵۳ به ۳۸ عدد کاهش یافت (جدول ۳). بین قطر طبق با تعداد طبق در بوته همبستگی منفی و معنی‌دار و با وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌دار دیده شد (جدول ۵). به این ترتیب بوته‌های با طبق‌های درشت‌تر، تعداد کمتر طبق و دانه در طبق داشته ولی از دانه‌های درشت‌تری برخوردار بودند. (Bageree et al. 2001) با ارزیابی ۱۲۱ ژنوتیپ گلرنگ بهاره، نشان دادند، عملکرد

دانه و شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش کمبود آب محتوای نسبی آب برگ را در تمام مراحل وقوع کاهش داد و به کمترین میزان در مرحله پر شدن دانه‌ها رسید (جدول ۳). ولی همواره رقم محلی اصفهان نسبت به رقم محلی اراک-۲۸۱۱ در سطح بالاتری قرار داشت (جدول ۴). نشان داده شده است ارقام برخوردار از قابلیت تنظیم اسمزی بالاتر همواره از محتوای نسبی آب برگ بالاتری هم برخوردار بودند (Chimenti et al., 2002). در شرایط خشکی محتوای نسبی آب برگ با هدایت روزنه‌ای همبستگی داشته و کاهش مقدار آن در شرایط کمبود آب، منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای و جذب دی‌اکسیدکربن شده و در نهایت سبب افت فتوسنتز می‌گردد (Mailer et al., 2002). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین محتوای نسبی آب برگ با تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته، قطر طبق، وزن هزاردانه و عملکرد دانه و روغن دیده شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد تنش با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز از یک سو و متاثر کردن فعالیت‌های آنزیمی و فرایندهای مربوطه از سوی دیگر، باعث افت عملکرد دانه و روغن از طریق کاهش اجزای عملکرد گردد. تنش در تمام مراحل افزایش معنی‌دار دمای تاج پوشش برگی را باعث شد (جدول ۳). بین دمای تاج پوشش برگی با محتوای نسبی آب برگ و عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری دیده شد (جدول ۵). بدیهی است کمبود آب برگ با بسته شدن روزنه‌ها و افت تعرق، افزایش دمای برگ و در نهایت کاهش عملکرد را باعث می‌شود. به نظر می‌رسد بتوان از دو شاخص محتوای نسبی آب برگ و دمای تاج‌پوشش برگی برای بررسی بازتاب اثرات تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژیک و ارزیابی تحمل به خشکی ارقام گلرنگ بهاره استفاده نمود.

جدول ۳- میانگین صفات اندازه‌گیری شده روی ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره در سطوح مختلف تنش خشکی طی سال زراعی ۸۶

سطوح تنش	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	ارتفاع طبق‌بندی (سانتی‌متر)	قطر طبق (میلی‌متر)	تعداد دانه در طبق	محتوای نسبی آب برگ	دمای تاج پوشش برگی (درجه سانتی‌گراد)
بدون تنش	۸۲ a	۷۱ a	۲۶/۳ a	۵۳ a	۰/۷۹ a	۲۶/۹ b
ساقه‌روی	۷۰ b	۶۳ b	۲۵/۵ a	۴۵ b	۰/۷۳ b	۲۸/۳ a
گل‌دهی	۸۵ a	۷۲ a	۲۵/۷ a	۳۸ c	۰/۶۴ c	۲۸/۱ a
پرشدن دانه	۹۰ a	۷۳ a	۲۴/۰ b	۳۸ c	۰/۵۷ d	۲۸/۰ a

اعداد هر ستون که حداقل یک حرف مشترک دارند، از نظر آماری فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

بیشترین وزن هزاردانه مربوط به رقم محلی اراک-۲۸۱۱ در شرایط عادی و کمترین مقدار آن مربوط به کمبود آب در مرحله پرشدن دانه‌ها در رقم محلی اصفهان بود (شکل ۲). به‌طور کلی رقم محلی اصفهان در مقایسه با محلی اراک به‌ویژه در شرایط بدون تنش از عملکرد دانه و روغن و درصد روغن دانه بالاتری برخوردار بود (شکل‌های ۴، ۵ و ۶). همبستگی معنی‌داری بین عملکرد روغن با عملکرد و درصد روغن دانه در گلرنگ نشان داده شده است (Naderee Darbaghshahee et al., 2004).

جدول ۴- میانگین صفات اندازه‌گیری شده روی ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره طی سال زراعی ۸۶

ژنوتیپ	تعداد دانه در طبق	محتوای نسبی آب برگ
محلی اصفهان	۴۸ a	۰/۷۰ a
محلی اراک-۲۸۱۱	۴۱b	۰/۶۰ b

اعداد هر ستون که حداقل یک حرف مشترک دارند، از نظر آماری فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

تک بوته با تعداد روز تا شروع اولین گل، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در آزمایش حاضر رقم محلی اصفهان در مقایسه با محلی اراک-۲۸۱۱ از تعداد دانه در طبق بیشتری برخوردار بود (جدول ۴). در شرایط بدون تنش رقم محلی اصفهان در مقایسه با محلی اراک-۲۸۱۱ تعداد طبق در بوته بیشتری داشت. همچنین تحت تیمار خشکی در مرحله گل‌دهی رقم محلی اراک-۲۸۱۱ کمترین تعداد طبق در بوته را نشان داد (شکل ۱). نتایج حاصل از یک مطالعه روی گلرنگ بهاره نشان داد قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه‌ها اثر معنی‌داری بر تعداد طبق در بوته نداشت، تنش در مرحله گل‌دهی، کاهش معنی‌دار تعداد طبق در بوته را باعث شد که این افت بیشتر ناشی از کاهش طبق‌های ثانویه بود. همچنین بین تعداد طبق در بوته و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دیده شد (Tavakolee Zanialee, 2002).

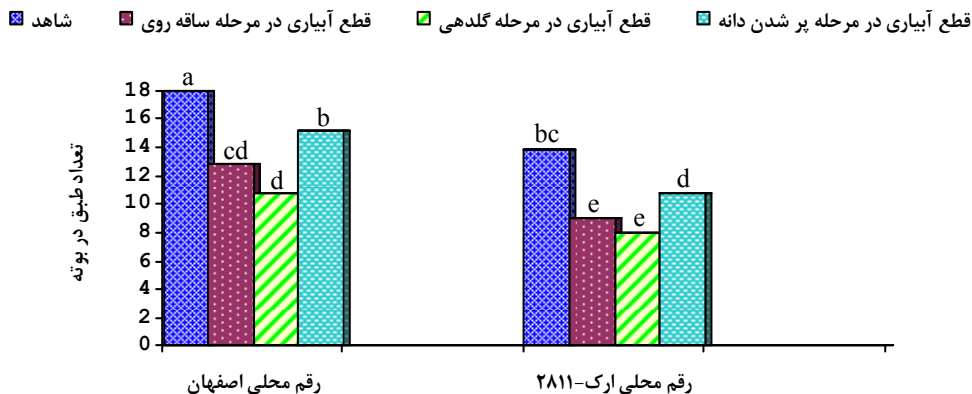
جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در گلرنگ بهاره طی سال زراعی

صفات اندازه‌گیری شده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱- تعداد دانه در طبق	۱										
۲- ارتفاع بوته	۰/۳۰۹	۱									
۳- ارتفاع اولین طبق از سطح خاک	-۰/۲۱۱	۰/۶۴۷**	۱								
۴- تعداد طبق در بوته	-۰/۶۸۴**	۰/۴۸۳*	۰/۵۸۱*	۱							
۵- قطر طبق	-۰/۴۳۵	-۰/۲۳۳	-۰/۰۷۲	-۰/۹۴۰**	۱						
۶- وزن هزاردانه	۰/۳۸۳	-۰/۲۵۱	-۰/۱۸۵*	-۰/۵۲۷*	۰/۵۱۳*	۱					
۷- شاخص برداشت	۰/۳۳۹	-۰/۲۳۳	-۰/۲۵۶	-۰/۵۰۷	۰/۲۹۹	۰/۸۱۰*	۱				
۸- عملکرد دانه	۰/۷۳۶**	-۰/۴۰۱	-۰/۴۱۲	۰/۸۱۰**	۰/۵۳۱**	۰/۶۴۰**	۰/۶۵۹*	۱			
۹- درصد روغن	۰/۵۰۰**	۰/۲۳۲	-۰/۰۳۴	۰/۶۸۷**	۰/۰۳۳	۰/۰۱۱	۰/۱۸۶	-۰/۴۷۵*	۱		
۱۰- عملکرد روغن	۰/۸۱۷**	-۰/۲۱۲	-۰/۳۱۸	۰/۴۰۹*	۰/۲۰۰	۰/۴۷۵*	۰/۰۴۴	۰/۸۹۸**	۰/۵۹۷**	۱	
۱۱- محتوای نسبی آب برگ	۰/۸۰۹**	-۰/۴۱۷	-۰/۳۹۵	۰/۹۰۱**	۰/۴۰۹*	۰/۴۴۰**	۰/۳۵۶	۰/۷۷۱**	۰/۲۱۲	۰/۷۱۰**	۱
۱۲- دمای تاج پوشش برگ	-۰/۲۹۹	-۰/۲۵۰	-۰/۳۸۴	-۰/۲۰۷	-۰/۲۶۸	-۰/۳۱۴	۰/۰۴۸	-۰/۵۳۸**	-۰/۰۸۰	-۰/۲۲۹	-۰/۵۲۴**

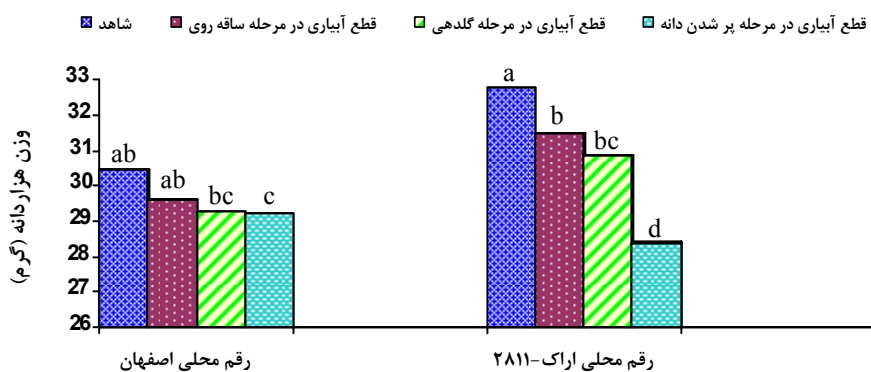
* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

در نتیجه ثبات نسبی شاخص برداشت را در پی داشت. افت شاخص برداشت در اثر تنش در مرحله گل‌دهی می‌تواند به علت افت تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق و در نهایت عملکرد دانه باشد (جدول ۳ و شکل‌های ۱ و ۴). اثر متقابل تنش و ژنوتیپ روی درصد روغن دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). معنی‌دار شدن اثر متقابل به

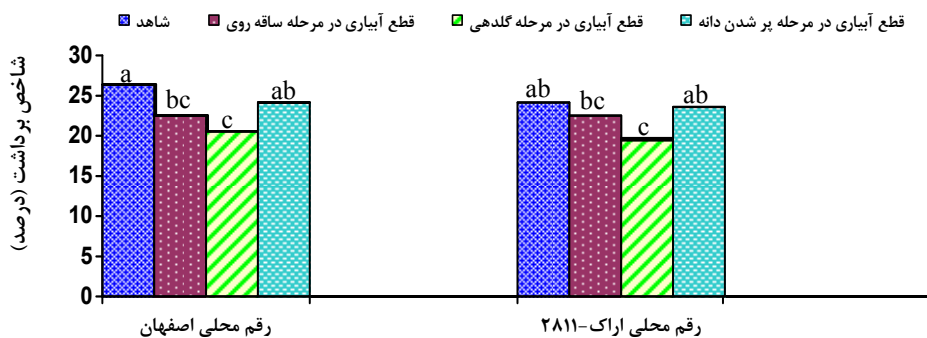
به نظر می‌رسد رقم محلی اصفهان از پتانسیل عملکرد بالاتری در منطقه برخوردار باشد. شاخص برداشت در هر دو رقم تحت تیمار بدون تنش و کمبود آب در مرحله پرشدن دانه‌ها بالاتر از سایر سطوح بود (شکل ۳). کمبود آب در مرحله پرشدن دانه‌ها ضمن کاهش عملکرد دانه با ریزش برگ‌ها افت وزن کل بوته و



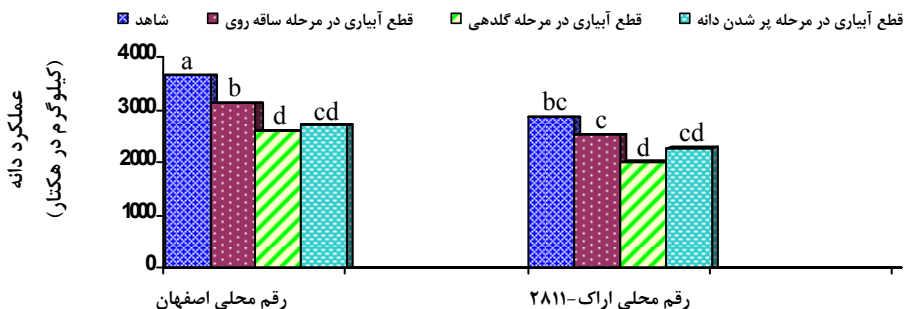
شکل ۱- تعداد طبق در بوته دو رقم محلی اصفهان و محلی اراک-۲۸۱۱ در مراحل مختلف تنش



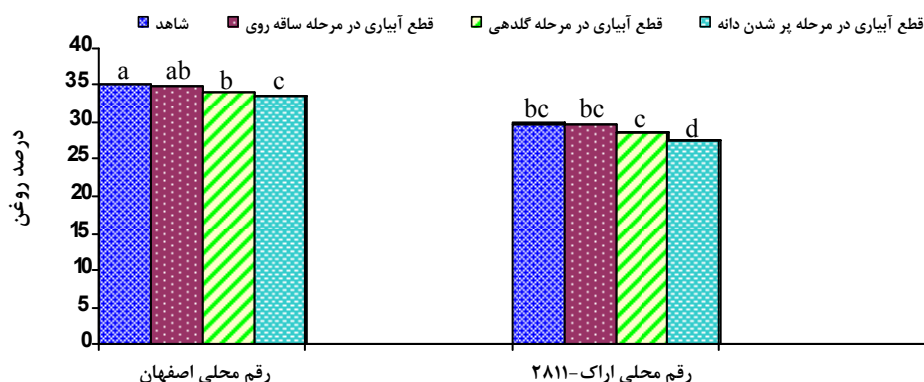
شکل ۲- وزن هزاردانه دو رقم محلی اصفهان و محلی اراک-۲۸۱۱ در مراحل مختلف تنش



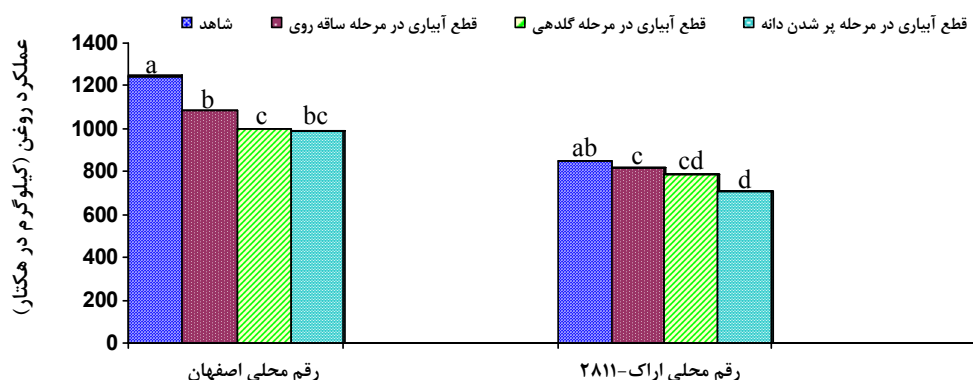
شکل ۳- شاخص برداشت دو رقم محلی اصفهان و محلی اراک-۲۸۱۱ در مراحل مختلف تنش



شکل ۴- عملکرد دانه دو رقم محلی اصفهان و محلی اراک-۲۸۱۱ در مراحل مختلف تنش



۵- در صد روغن دانه دو رقم محلی اصفهان و محلی اراک-۲۸۱۱ در مراحل مختلف تنش



شکل ۶- عملکرد روغن دو رقم محلی اصفهان و محلی اراک-۲۸۱۱ در مراحل مختلف تنش

پر شدن دانه‌ها بود. تأمین آب در این مراحل برای دستیابی به عملکرد قابل قبول ضرورت دارد. به نظر می‌رسد کمبود آب در مرحله ساقه روی، ارتفاع بوته و طبق‌بندی را کاهش داد. رقم محلی اصفهان در مقایسه با محلی اراک-۲۸۱۱ در شرایط عادی و تنش از محصول‌دهی نسبتاً بالاتری برخوردار بود. شاخص‌های محتوای نسبی آب برگ و دمای تاج پوشش برگ برای شناسایی اثرات خشکی و ارزیابی ارقام گلرنگ بهاره مناسب دیده شدند.

علت تغییر در ترتیب بوده و رقم محلی اصفهان در مقایسه با محلی اراک-۲۸۱۱ در همه سطوح بدون تنش و تنش همواره مقادیر بیشتری کسب کرد (شکل ۵).

جمع‌بندی نتایج

کمبود آب در مراحل فنولوژیک ساقه روی، گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها باعث کاهش تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و در نهایت عملکرد دانه و روغن در گلرنگ بهاره گردید. بیشترین اثر کاهش تنش بر روی عملکرد دانه و روغن در مراحل گل‌دهی و

REFERENCES

- Anonymous. (2007). *Agricultural statistical book 2005-2006*. Agriculture Jihad Ministry. Iran. No. 86. 04. p.19.
- Bageree, A., Yazdi Samadi, B., Tayeb M. & Ahmadi, M. R. (2001). Study of genetic variability in Iranian safflower genotypes. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 32(2), 447-456. (In Farsi).
- Carcova, J., Maddonni, G. A. & Ghera, C. M. (1998). Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. *Field Crops Research*, 55, 165-174.
- Chimenti, C., Perarson, A. & Hall, A. J. (2002). Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Research*, 75, 235-246.
- Ehdaie, B. & Nour Mohammadi, G. (1984). The effect of planting date on seed yield and other agronomic characters of two safflower genotypes. *Scientific and Agronomic Journal of Shahid Chamran University*, 9, 28-38. (In Farsi).
- Golestani Araghi, S. & Assad, M. T. (1998). Evaluation of four screening techniques for drought

- resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. *Euphytica*, 103, 293-299.
7. Hamrouni, I., Ben Salah, H. & Marzouk, B. (2001). Effects of water-deficit on lipids of safflower aerial parts. *Phytochemistry Journal*, 58, 277-280.
 8. Johnson, D. A. & Rumbaugh, M. D. (1995). Genetic variation and inheritance characteristics for carbon isotope discrimination in alfalfa. *Range Management Journal*, 48, 126-131.
 9. Kaffka, S. R. & Kearney, T. E. (1998). *Safflower production in California*. UC Agriculture and Natural Resources Publication 21565. Davis.
 10. Koutroubas, S. D., Papakosta, D. K. & Doitsinis, A. (2004). Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilation to safflower yield. *Field Crops Research*, 90, 263-244.
 11. Kumar, H. (2000). Development potential of safflower in comparison to sunflower. *Sesame and Safflower Newsletter*. Institute of sustainable agriculture. Spain 5, 86-89.
 12. Kumar, A. & Singh, D. P. (1998). Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oil seed *Brassica* Species. *Annals of Botany*, 81, 413-420.
 13. Mailer, P., Baltensperger, D., Clayton, G., Johnson, A., Lafond, G., Mc Conkey, B., Schatz, B. & Starica, J. (2002). Pulse crop adaptation and impact across the Northern Great Plains. *Agriculture Journal*, 4, 272.
 14. Mirnezami Ziabari, S. H. & Sanei Shariat Panah, M. (1996). Usual methods of fats and oils analysis. *Mashhad Nashr*, 88-91. (In Farsi).
 15. Naderi Darbaghshahi, M. R., Nourmohammadi, G., Majidi, A., Darvish, F. & Shiranirad, A. H. (2004). Evaluation of three safflower genotypes to different levels of drought stress. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 35(3), 3-15. (In Farsi).
 16. Oelke, E. A., Oplinger, E. S. & Teynor, T. M. (2004). Safflower. *University of Minnesota*. Pp. 97-109.
 17. Omid Tabrizi, A. H., Gannadha, M. R. & Peygambari, S. A. (1999). The study of important characters of spring safflower genotypes by multivariate analysis. *Iran Agriculture Science Journal*, 30(4), 817-826. (In Farsi).
 18. Pourdad, S. (1999). *Primary evaluation of safflower germplasm in rainfall condition*. Dryland Agriculture Research Institute of Iran. No. 87.650. p. 2. (In Farsi).
 19. Shokree, F., Alizadeh, Kh. & Rasheedi, V. (2007). Evaluation some of drought tolerance traits and indices in safflower genotypes. *Journal of Field Crop Science*, 1(3), 1-11. (In Farsi).
 20. Tavakolee Zanialee, A. (2002). *Study of irrigation cutting during growth stages on seed and oil yield and its components in safflower*. M. Sc. dissertation, University of Tehran, Iran. (In Farsi).
 21. Weinberg, Z. G., Landau, S. Y., Bar-Tal, A., Chen, Y., Gamburg, M., Brener, S. & Dvash, L. (2005). Ensiling safflower (*Carthamus tinctorius*) as an alternative winter forage crop. In: R. S. Park, and M. D. Stronge, (Eds.). In: *Proceedings of the 5th international silage conference*. Belfast, Northern Ireland, July 3-6. p. 169.
 22. Yau, S. K. (2006). Winter versus spring sowing of rain – fed safflower in a semi- arid, high – elevation Mediterranean environment *European Journal of Agronomy*, 10, 1-8.