نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰، ص. ۲۸۹-۲۷۷

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 3, Fall 2011, p. 277-289

اثر کم آبیاری بر انتقال مجدد و وزن خشک اندام‌های گیاهی سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.)

محمد علی بهدانی[1]* و بی‌بی الهه موسوی‌فر[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۹/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۲۷

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کم آبیاری بر درصد انتقال مجدد و وزن خشک اندام‌های گیاهی سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.)، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۸۷- ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با چهار تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل چهار سطح قطع آبیاری (آبیاری کامل، آبیاری تا مرحله دانه‌بندی، آبیاری تا مرحله گلدهی و آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی) و کرت‌های فرعی شامل سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره (محلی اصفهان، اصفهان ۲۸ و IL111) بود. نتایج نشان داد که سه ژنوتیپ گلرنگ از نظر صفاتی مانند ماده خشک کل، وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه (برگ، ساقه و طبق) در دو مرحله گلدهی و رسیدگی، شاخص برداشت و درصد انتقال مجدد به سطوح مختلف قطع آبیاری پاسخ‌های متفاوتی داشتند. با افزایش مدت زمان قطع آبیاری از وزن خشک اندام-های گیاهی (برگ، ساقه و طبق) هر سه ژنوتیپ کاسته شد و ژنوتیپ IL111 نیز تحت شرایط آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی بیشترین کاهش را در این صفات دارا بود. همچنین با افزایش مدت زمان قطع آبیاری سهم انتقال مجدد به طبق‌ها نیز افزایش یافت. در بین سطوح قطع آبیاری، بیشترین و کمترین درصد انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به ترتیب در شرایط آبیاری تا تکمه‌دهی و آبیاری کامل مشاهده شد. به علاوه خصوصیت ژنتیکی ژنوتیپ‌ها نیز در این میان نقش مهمی داشت و ژنوتیپ IL111 بیشترین میزان درصد انتقال مجدد را دارا بود. با توجه به این نتایج و این که انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، یکی از عمده‌ترین روش‌های جبران کاهش حاصل از تنش خشکی در فتوستز جاری گیاه است، یکی از نقاط قوت ارقام پاکوتاه جدید در مقایسه با ارقام قدیمی در میزان بالای این صفت می‌باشد. بنابراین از این طریق می‌توان عملکرد را در شرایط خشکی انتهایی بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، رسیدگی، شاخص برداشت، گلدهی، گیاه دانه روغنی

مقدمه

ایران در نوار عرضی ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی که کمربند مناطق کویری دنیاست، قرار گرفته است و تنها بخش کوچکی از دامنه کوه-های البرز و زاگرس دارای آب و هوای نیمه خشک می‌باشد و بقیه نقاط کشور از آب و هوای خشک برخوردار است. مناطق مرطوب کشور فقط به سواحل غربی دریای خزر محدود می‌گردد. با وجود بالا بودن میزان تبخیر در کشور میانگین سالانه نزولات جوی که منبع اصلی تأمین آب‌های شیرین کشور می‌باشد، کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال است که نه تنها به لحاظ مکانی، بلکه از لحاظ زمانی نیز پراکنش مناسب با الگوی مصرف آب ندارد (Jazaeri Nushabadi & Rezaei, 2007). به علاوه، در حال حاضر کشاورزی تکیه گاه مهم امنیت غذایی و حیات اقتصادی کشور است و از این‌رو کمبود آب به عنوان مهمترین و محدودکننده‌ترین عامل تولید، در این بخش مطرح می‌باشد و توجه بیشتر به مطالعه در مورد آثار تنش خشکی و انتخاب ارقام مقاوم به خشکی در تولید گیاهان زراعی و همچنین ذخیره آب و مصرف کارآمد آن را طلب می‌کند. یکی از روش‌های بهره‌وری آب اتخاذ سیاست‌های کم آبیاری است. در این روش، گیاه در یک مرحله خاص رشد و یا در تمام فصل رشد تحت تنش آبی سیستم قرار می-گیرد. تنش آبی می‌تواند از مقادیر کم تا حد پژمردگی دائم و مرگ گیاه متغیر باشد (Dwyer et al., 1992). در حال حاضر استفاده از روش‌های کم آبیاری، بدون برنامه‌ریزی مناسب، سبب کاهش درآمد کشاورزان شده است، در حالی‌که توجه به اصول کاهش آبیاری با مدیریت صحیح، از نظر اقتصادی مفید می‌باشد. معمولاً در شرایط کم

۱ و ۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند و کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، باشگاه پژوهشگران جوان، مشهد
(*- نویسنده مسئول: (E-mail: mabehdani@yahoo.com

آبیاری برای استفاده بهینه از آب می‌بایست آن را در مراحل بحرانی رشد استفاده کرد، لذا شناسایی این مراحل بحرانی در هر گیاهی لازم و ضروری به نظر می‌رسد (Stewart et al., 1975). همچنین در شرایط کم آبی و محدودیت منابع آبی، تغییر الگوی کشاورزی به سمت کاشت گیاهان سازگار به خشکی می‌تواند راهکار مناسبی باشد.

گیاهان روغنی از نظر تأمین انرژی مورد نیاز انسان و دام، از جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات زراعی برخوردارند و یکی از با ارزش‌ترین محصولات بخش کشاورزی محسوب می‌شوند. از اینرو، کاشت دانه‌های روغنی از گذشته‌های دور بخش مهمی از کشاورزی کشورها از جمله بسیاری از کشورهای شرقی را تشکیل داده و برخی از آنها جزء اقلام صادراتی عمده این کشورها محسوب می‌شوند (Tavakoli, 2002). گلرنگ (*Carhtamus tinctorius* L.) یکی از گیاهان دانه روغنی چند منظوره و از خانواده کاسنی (Asteraceae) می‌باشد که دانه آن دارای ۲۵ تا ۴۵ درصد روغن و ۱۲ تا ۲۴ درصد پروتئین است. کیفیت روغن این گیاه در بین گیاهان روغنی به دلیل میزان اسید لینولئیک بین ۷۳ تا ۸۵ درصد، بالاترین مقدار است. علاوه بر تولید روغن، کنجاله آن نیز نقش اساسی در جیره غذایی دام دارد. همچنین رنگیزه‌های موجود در گل‌های آن دارای ارزش اقتصادی نسبتاً بالایی است (Purdad, 2007). منشأ جغرافیایی و مراکز تنوع ژنتیکی گلرنگ را نواحی مدیترانه‌ای، منطقه خاورمیانه و حتی ایران می‌دانند و لذا کاشت آن در ایران از قدمتی طولانی برخوردار است (Tavakoli, 2002). این گیاه به نواحی دارای بارندگی نسبتاً اندک با یک شرایط آب و هوایی خشک در طی گلدهی و رسیدگی سازگار شده است و به دلیل خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ویژه نظیر ریشه‌های عمیق در خاک به عنوان یک گیاه متحمل به شرایط نامساعد محیطی نظیر کم آبی، سرما، شوری و قلیایی بودن خاک شناخته شده و در بسیاری از کشورها به طور گسترده کشت می‌شود (Arnon, 1972).

مواد فتوسنتزی که در دانه ذخیره می‌شوند از سه مبدأ عمده یعنی فتوسنتز جاری، فتوسنتز قسمت‌های سبز غیر از برگ و انتقال مواد فتوسنتزی ذخیره شده در سایر اندام‌های گیاه تأمین می‌شوند. فتوسنتز جاری به عنوان یکی از مهمترین منابع کربن برای پر شدن دانه‌ها، به جذب مؤثر نور به وسیله سطح سبز گیاه پس از گرده‌افشانی وابسته است. این منبع نیز عموماً به واسطه پیری طبیعی برگ و بروز تنش-های مختلف از جمله تنش رطوبتی، تنش گرمایی و حتی زنده (بیماری‌ها) محدود می‌شود (Blum, 1998). این در حالی است که در همین زمان تقاضا برای مواد فتوسنتزی جهت پر شدن دانه‌ها و تقاضا برای تنفس نگهداری زیست توده زنده گیاه نیز افزایش می‌یابد و لذا وقوع تنش در هنگام پر شدن دانه‌ها بیشترین تأثیر را بر کاهش وزن و عملکرد آنها دارد (Koocheki & Sarmadnia, Abel, 1976; 2000). بنابراین، یکی از منابع مهم کربن برای پرکردن دانه‌ها ذخایر ساقه است. مادامی که تجمع برخی مواد معدنی در گیاه بیشتر از میزان مصرف آن جهت رشد است این مواد مازاد اغلب در ساقه انباشته شده و در مراحل بعدی رشد که معمولاً از دو تا سه هفته پس از گلدهی شروع می‌شود، به دانه انتقال می‌یابد که به این فرآیند انرژی خواه، انتقال مجدد[1] می‌گویند و جهت جلوگیری از کاهش بیشتر عملکرد به وسیله گیاه در زمان تنش مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی کاهش عملکرد با آن همراه است (Blum, 1998). لازم به ذکر است حتی تحت شرایط معمولی (بدون تنش) نیز مواد فتوسنتزی حاصل از فتوسنتز جاری ممکن است جهت پر کردن دانه‌ها کفایت ننماید و این فرآیند با فتوسنتز جاری توأم گردد. از طرف دیگر، محدودیت رطوبت در خاک از طریق کاهش سطح برگ و متعاقب آن کاهش فتوسنتز و انتقال مواد پرورده به بخش‌های مختلف اجزای گیاه سبب کاهش ماده خشک هر بوته می‌گردد (Diallo et al., 2001). کاکس و جولیوف (Cox & Julliof, 1986) با ارزیابی صفات سویا (*Glycine max* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط کمبود رطوبت خاک مشاهده کردند که ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت هر دو گونه در شرایط تنش رطوبتی کاهش یافته و این کاهش در گیاه سویا بیشتر بود. در مطالعه ابل (Abel, 1976) نیز میزان وزن خشک گلرنگ با افزایش سطح تنش خشکی کاهش یافت. از علل کاهش وزن خشک برگ در گیاه در هنگام تنش خشکی کاهش تعداد و سطح برگ‌ها و پیری و ریزش آنها می‌باشد که این تنظیم میزان سطح برگ، تغییر طولانی مدت مهمی است که باعث سازگاری بیشتر گیاه با شرایط کم آبی می‌شود (Emam & Zavare,2005). دلیل ریزش برگ‌ها در طی مدت تنش خشکی تا حدودی حاصل افزایش سنتز و حساسیت به هورمون اتیلن در درون گیاه می‌باشد (Mousavi Nick & Mobser, 2008).

بین ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ تفاوت معنی‌داری از نظر وزن خشک اندام‌ها و عملکرد دانه وجود دارد (Rashed Mohasel & Behdani & Jami Al-Ahmadi, 2008; Behdani, 1994). در پژوهشی که توسط راشد محصل و بهدانی (Rashed Mohasel & Behdani, 1994) با استفاده از چهار ژنوتیپ زراعی گلرنگ شامل دو ژنوتیپ خارجی SSV66 و LR295 و دو ژنوتیپ ایرانی ورامین ۲۹۵ و زرقان ۲۷۹ در مشهد انجام شد، مشخص گردید که ژنوتیپ‌های خارجی در مقایسه با ژنوتیپ‌های بومی و محلی وزن خشک کمتری داشتند. بسیاری از محققین با بررسی مقاومت به خشکی در ارقام مختلف گلرنگ گزارش کردند کمبود آب و بروز تنش خشکی در محیط رشد گلرنگ باعث کاهش اندازه گیاه و وزن خشک اندام‌ها، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها، کاهش عملکرد و شاخص برداشت می‌شود و توانایی ارقام نیز از نظر انتقال مجدد تحت

1- Remobilization

شرایط تنش متفاوت است (Kafi & Rostami, 2008; Rashed Behdani & Jami Al-Ahmadi; Mohasel & Behdani, 1994 ,2008). لذا با توجه به کاهش بارندگی در برخی از سال‌ها در اکثر مناطق ایران که منجر به بروز تنش خشکی به خصوص در مراحل انتهایی رشد اکثر گیاهان می‌شود و در نتیجه کاهش عملکرد نهایی آنها را در بردارد و نیز عکس‌العمل متفاوت ارقام به کمبود آب، اثر قطع آبیاری بر وزن خشک اندام‌های گیاهی، درصد تخصیص مواد، انتقال مجدد و شاخص برداشت در سه ژنوتیپ گلرنگ در مراحل مختلف رشد زایشی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. کرت-های اصلی شامل چهار سطح آبیاری (آبیاری کامل، آبیاری تا مرحله دانه‌بندی، آبیاری تا مرحله گلدهی و آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی) و کرت‌های فرعی شامل، سه رقم گلرنگ بهاره (محلی اصفهان، اصفهان۲۸ و IL111) بود. هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کاشت به صورت جوی و پشته به طول پنج متر و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود. همچنین در یک بلوک فاصله کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک سه متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت دستی در ۲۷ فروردین ماه در عمق ۵-۴ سانتی‌متر خاک روی پشته و به صورت متراکم انجام شد و بلافاصله پس از آن آبیاری صورت گرفت. سپس، طبق مراحل نموی گیاه تیمارهای آبیاری اعمال شد. در مرحله ۶-۴ برگی گیاهچه‌ها بر اساس فاصله حدود پنج سانتیمتر تنک گردیدند.

در این آزمایش نیمه اول هر کرت آزمایشی جهت مقایسه عملکرد در نظر گرفته شد و تا پایان فصل هیچگونه نمونه‌برداری از آن قسمت انجام نشد و نیمه دوم هر کرت به نمونه‌برداری اختصاص یافت. به منظور تعیین روند تجمع ماده خشک در گیاه، از ۳۵ روز پس از کاشت به فاصله هر ۱۰ روز یکبار، در مجموع هشت نوبت نمونه‌برداری در طول فصل رشد، از نیمه دوم هر واحد آزمایشی انجام گرفت. در هر نوبت نمونه‌برداری، پنج بوته بطور تصادفی از نیمه دوم هر کرت جهت تعیین وزن خشک گیاه زراعی انتخاب و از سطح زمین برداشت شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از تفکیک نمونه‌های مذکور به اندام-های مختلف (شامل برگ، ساقه و طبق)، جهت تعیین وزن خشک، اندام‌های مختلف گیاه به مدت ۷۲ ساعت در آون الکتریکی با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و وزن خشک هر نمونه ثبت گردید. سپس درصد انتقال مواد فتوسنتزی ساقه و شاخه‌ها از معادله (۱) محاسبه شد (Majnun Hosaini et al., 2002):

معادله (۱) $((W_1-W_2) / W_1)\times100$ = درصد انتقال مجدد ماده خشک ساقه و شاخه

که در این معادله، W_1= وزن خشک ساقه و شاخه‌ها در زمان ۵۰ درصد گلدهی و W_2= وزن خشک ساقه و شاخه‌ها در زمان رسیدگی می‌باشد.

برای محاسبه شاخص برداشت، ابتدا از ردیف‌های دوم، سوم و چهارم با رعایت اثر حاشیه نیم متری، سه متر مربع از مساحت هر کرت برداشت و توزین شد و عدد حاصله به عنوان عملکرد بیولوژیک در واحد سطح ثبت شد و سپس دانه‌ها جدا و وزن شدند و عملکرد دانه در واحد سطح محاسبه شد. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به دست آمد. در پایان تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Genstat صورت گرفت و در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمارهای آزمایشی از آزمون LSD محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

به طور کلی با توجه به این که در اکثر گیاهان زراعی وزن خشک برگ و ساقه از ابتدای فصل رشد تا مرحله گلدهی روند افزایشی دارد و پس از این مرحله تا زمان رسیدگی به دلیل انتقال مواد ذخیره‌ای به اندام‌های زایشی و خشک شدن آنها کاهش می‌یابد (Kooler et al., 1970)، لذا تنها به بررسی وزن خشک برگ، ساقه و طبق در مراحل گلدهی و رسیدگی پرداخته شده است.

جدول ۱- میانگین دمای هوای و بارندگی ماهانه در منطقه بیرجند در شش ماهه اول سال۱۳۸۷

Table 1- Mean of the first six month temperature and precipitation in Birjand during 2008

ماه Month	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature mean (^{0}C)	17.43	22.51	28.59	30.93	26.96	24.54
میانگین بارندگی (میلی‌متر) Precipitation mean (mm)	1.4	0.9	0	0	0	0

تغییرات میزان تجمع ماده خشک (TDM)[1]: در این بررسی با افزایش مدت زمان قطع آبیاری، کاهش معنی‌دار در وزن خشک اندام‌های هوایی مشاهده شد (شکل۱-الف)، به طوری که تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی به ترتیب، بیشترین و کمترین میزان تولید ماده خشک گیاهی در واحد سطح را دارا بودند (شکل۱- الف) که احتمالاً به دلیل کمبود آب و بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه آن کاهش فتوسنتز و نیز افزایش دمای برگ و کانوپی در گیاه صورت گرفته است (Iramki et al., ; Terlestkaya, 2000 2000).

اورکا و نیلسن (Ourcu & Nilsen, 2000) دلیل کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی در شرایط تنش خشکی را کاهش سطح برگ دانستند که باعث کاهش دریافت نور و میزان فتوسنتز می‌شود. ایرامکی و همکاران (Iramki et al.,2000) دمای بالای برگ به علت بسته شدن روزنه‌ها تحت شرایط تنش خشکی را به عنوان یکی از عوامل مهم کاهش میزان تولید ماده خشک در گیاهان مطرح کرده‌اند. نیلسن (Nielsen, 1996) نیز با بررسی تنش خشکی بر روی گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) دریافت که در شرایط کمبود آب نسبت وزن اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد، اگرچه این صفت تحت کنترل ژنتیکی است، ولی به شدت تحت تأثیر محیط نیز قرار دارد. در شرایط تنش خشکی، آب‌کشیدگی و کاهش حجم سلولی در اندام‌های هوایی بیشتر از ریشه‌ها رخ می‌دهد، بنابراین تحت این شرایط ذخایر فتوسنتزی بیشتری به ریشه‌ها تخصیص داده می‌شود و وزن اندام‌های هوایی نقصان می‌یابد، گیاه بیشتر انرژی خود را صرف حفظ و بقا در شرایط تنش کرده در نتیجه رشد و توسعه سلولی خود را کند و در شدیدترین حالت تنش متوقف می‌کند (Mousavi Nick & Mobser, 2007).

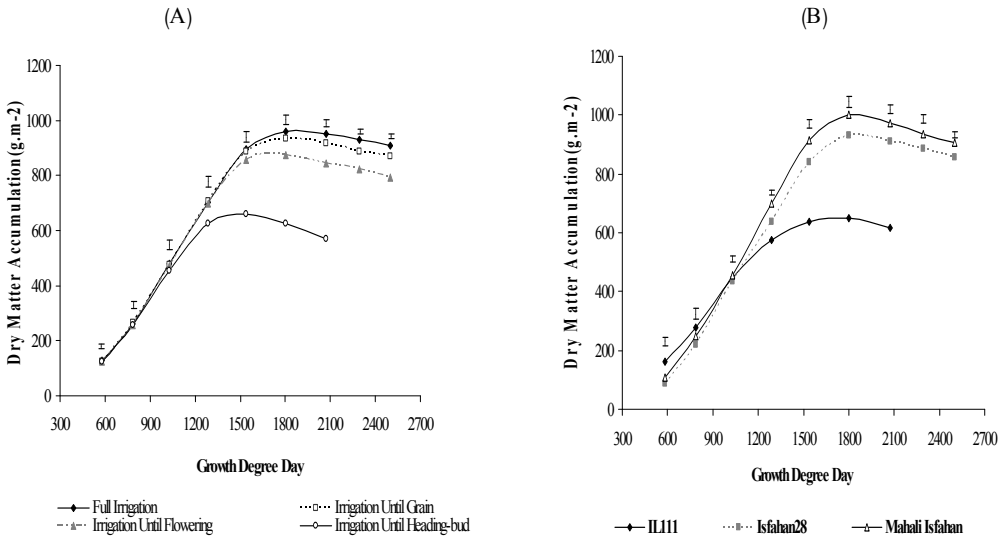
با پیشرفت فصل رشد میزان تفاوت بین ارقام نیز افزایش یافت به طوری که تغییرات ماده خشک در رقم محلی اصفهان نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود (شکل۱-ب)که دلیل آن شاخص سطح برگ بالاتر و فصل رشد طولانی‌تر این رقم نسبت به دو رقم دیگر می‌باشد (نتایج نشان داده نشده است).

وزن خشک برگ در مراحل گلدهی و رسیدگی: حداکثر وزن خشک برگ‌ها در تمام تیمارهای آبیاری در مرحله گلدهی حاصل شد و پس از این مرحله و با ورود گیاه به مرحله رسیدگی کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ۴). اثر قطع آبیاری بر وزن خشک برگ در مرحله گلدهی معنی‌دار بود (جدول ۲)، در تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی به علت قطع آبیاری زود هنگام و کاهش در تعداد شاخه‌های ثانویه و در نتیجه کاهش در تعداد و سطح برگ گیاهان تحت این تیمار میزان وزن خشک این اندام نسبت به سه سطح دیگر آبیاری کمتر بود (جدول‌های ۳ و ۴). کولر و همکاران (Kooler et al., 1970) نیز اظهار داشتند که در سویا حداکثر وزن خشک برگ در مرحله گلدهی مشاهده شد و پس از آن با تخلیه مواد و ریزش برگ‌ها، وزن خشک برگ کاهش یافت. در مرحله رسیدگی نیز تفاوت بین وزن خشک برگ‌ها در تیمارهای مختلف آبیاری مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۳)، به طوری که در تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی به علت قطع آبیاری زودهنگام، ۳۶ درصد کاهش در وزن خشک برگ در مرحله رسیدگی نسبت به تیمار آبیاری کامل مشاهده شد (جدول ۳)، زیرا در اثر قطع آبیاری، سطح برگ کل یک گیاه بعد از بلوغ برگ‌ها به طور ثابت باقی نمانده و تحت این شرایط برگ‌ها پیر شده و در نهایت ریزش می‌کنند. فرآیند ریزش برگ در طول تنش آب تا حدود زیادی حاصل افزایش سنتز و حساسیت به هورمون اتیلن در درون گیاه است (Mousavi Nick & Mobser, 2007).

بین ژنوتیپ‌ها نیز از نظر وزن خشک برگ تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن خشک برگ به ترتیب در ژنوتیپ‌های محلی اصفهان و IL111 مشاهده شد (جدول ۳). از جمله عوامل مؤثر در بالا بودن میزان وزن خشک برگ ژنوتیپ محلی اصفهان در مراحل گلدهی و رسیدگی می‌توان به دوره رشد طولانی‌تر، تعداد شاخه ثانویه و در نتیجه تعداد و سطح برگ بیشتر در این ژنوتیپ نسبت به دو ژنوتیپ دیگر اشاره کرد که همین امر به تولید مواد فتوسنتزی بیشتر جهت تخصیص به اندام‌های زایشی منجر شد (جدول ۵). در این بررسی وزن خشک کل برگ در مراحل گلدهی و رسیدگی نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر قطع آبیاری و ژنوتیپ واقع شد (جدول ۲). در مرحله رسیدگی بیشترین وزن خشک برگ در ژنوتیپ محلی اصفهان و تحت شرایط آبیاری کامل حاصل شد، در حالی که در همین مرحله ژنوتیپ IL111 از کمترین میزان وزن خشک برگ تحت شرایط آبیاری تا تکمه‌دهی برخوردار بود (جدول ۴).

به طور کلی، وزن خشک برگ در مرحله گلدهی تنها در تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی کاهش نشان داد و کمترین مقدار برای ژنوتیپ IL111 مشاهده شد که ناشی از کاهش تعداد شاخه‌های ثانویه و در نتیجه تعداد برگ در این ژنوتیپ بود، در حالی که در هر سه ژنوتیپ با افزایش مدت زمان قطع آبیاری کاهش در میزان وزن خشک برگ در مرحله رسیدگی به علت ریزش برگ‌ها مشاهده شد (جدول ۴). ریزش برگ‌ها متأثر از پدیده پیری است که به عنوان یک سازوکار مؤثر جهت کاهش تعرق و اختلاف پتانسیل بین ریشه‌ها و برگ‌ها در شرایط تنش رطوبتی و یا به منظور انتقال مجدد مواد پرورده به دانه‌ها یا اندام‌های در حال رشد صورت می‌گیرد (Emam & Zavareh, 2005).

1- Total Dry Matter



شکل ۱- تغییرات تجمع ماده خشک تحت تأثیر (الف) سطوح مختلف قطع آبیاری و (ب) ژنوتیپ در گلرنگ بهاره

Fig. 1- Trend of dry matter accumulation of spring safflower under (A) Different levels of disruption irrigation and (B) Genotypes

وزن خشک ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی در مراحل گلدهی و رسیدگی و انتقال مجدد: بیشترین وزن خشک ساقه و شاخه‌ها در زمان گلدهی حاصل شد و در ادامه رشد گیاه همزمان با پرشدن دانه وزن خشک ساقه و شاخه‌ها به دلیل انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای کاهش یافت (جدول ۳). افزایش وزن خشک ساقه و شاخه‌ها تا مرحله گرده‌افشانی و کاهش آن در مرحله پرشدن دانه در گیاهان زراعی دیگر نیز گزارش شده است (Mulkey et al., 1984; Simons & Jones, 1985).

سطوح قطع آبیاری در مرحله گلدهی از نظر وزن خشک ساقه و شاخه‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۲) و تنها در تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی کاهش ۱۹ درصدی در این صفت نسبت به سه سطح دیگر مشاهده شد (جدول ۳)، زیرا قطع آبیاری از طریق کاهش تعداد شاخه‌های ثانویه، سطح برگ و سرعت جذب خالص به کاهش میزان مواد ذخیره‌ای خشک در ساقه و شاخه‌ها منجر شد (نتایج نشان داده نشده است).

اثر قطع آبیاری بر وزن خشک ساقه و شاخه‌ها در مرحله رسیدگی نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). با وجود این که در کلیه سطوح آبیاری کاهش در میزان وزن خشک ساقه و شاخه‌ها در اثر انتقال مجدد مواد به دانه‌ها مشاهده شد، اما این کاهش در تیمارهای آبیاری تا تکمه‌دهی و آبیاری تا گلدهی بیشتر بود، زیرا بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه افزایش مدت زمان قطع آبیاری به کاهش فتوسنتز جاری گیاه و افزایش انتقال مجدد مواد از ساقه و شاخه‌ها به اندام‌های زایشی منجر شد، به طوری که بیشترین میزان آن در تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی و کمترین آن نیز به طور مشترک در دو تیمار آبیاری کامل و آبیاری تا دانه‌بندی مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به اینکه تنش خشکی در زمان پر شدن دانه‌ها باعث کاهش عملکرد دانه از طریق تقلیل فتوسنتز می‌گردد، بنابراین نیاز مقصدی برای پرکردن دانه از طریق انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده تأمین می‌شود. در نتیجه این امر، انتقال مواد فتوسنتزی به منظور پرکردن دانه‌ها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. اگرچه انتقال مجدد مواد فتوسنتزی یک جز مهم عملکرد محسوب می‌شود، اما فتوسنتزی که در طول پرشدن دانه‌ها انجام می‌گیرد. معمولاً مهمترین منبع تشکیل‌دهنده وزن دانه و عملکرد دانه می‌باشد، زیرا اغلب مواد فتوسنتزی قبل از پرشدن دانه در رشد رویشی یا گلدهی مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالی که در طول پرشدن دانه اغلب مواد فتوسنتزی به فرآیند پرشدن دانه اختصاص می‌یابد (Koocheki & Sarmadnia, 2000).

اثر ژنوتیپ بر وزن خشک ساقه و شاخه‌ها در مراحل گلدهی و رسیدگی معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوری که بیشترین و کمترین میزان وزن خشک ساقه و شاخه‌ها در این دو مرحله به ترتیب در ژنوتیپ‌های محلی اصفهان و IL111 مشاهده شد که این تفاوت بین ژنوتیپ‌ها به تعداد شاخه جانبی، میزان مواد ذخیره‌ای و انتقال مجدد ساقه و شاخه‌ها به اندام‌های زایشی بر می‌گردد (جدول ۳). به علاوه بیشترین میزان انتقال مجدد ساقه و شاخه‌ها مربوط به ژنوتیپ IL111 با میانگین ۲۶/۸۸ درصد بود که به نظر می‌رسد به دلیل قطر ساقه بیشتر در این ژنوتیپ باشد (جدول ۳). بونت و اینکول (Bonnet & Incoll, 1992) نیز میزان انتقال مجدد را با محیط، ژنوتیپ و اندازه مخزن مرتبط دانسته‌اند.

جدول ۲- میانگین مربعات وزن خشک برگ، ساقه و طبق در مراحل گلدهی و رسیدگی و درصد انتقال مجدد و شاخص برداشت در سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره تحت تأثیر قطع آبیاری

Table 2- Mean square of leaf, stem and heading dry mater in flowering and maturity stages and remobilization percent and harvest index in three spring safflower cultivars under 4 irrigation disruption levels

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	مرحله گلدهی (Flowering stage)				مرحله رسیدگی (Maturity stage)			
		وزن خشک برگ Leaf dry matter	وزن خشک ساقه و شاخه Stem and branch dry matter	وزن خشک طبق Heading dry matter	وزن خشک برگ Leaf dry matter	وزن خشک ساقه و شاخه Stem and branch dry matter	وزن خشک طبق Heading dry matter	انتقال مجدد Remobilization	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	3	1.12 ns	14.76 ns	6.36 ns	0.16 ns	14.76 ns	202.12 ns	4.28 ns	1.5947 ns
آبیاری (A) Irrigation (A)	3	752.18 **	14094.98 **	25755.51**	2337.39 **	14094.98 **	118536.12 **	0.006 **	0.0253**
خطای اصلی Main eror	9	8.86	34.48	14.11	4.18	34.48	144.59	9.62	3.8482
ژنوتیپ (B) Genotype (B)	2	15591.51**	28619.88 **	49323.35 **	9232.02 **	28619.88 **	149284.16 **	0.01 **	0.0034**
آبیاری×ژنوتیپ A×B	6	31.97 *	357.26 **	530.95 **	54.77 **	357.26 **	3775.33 **	0.0001 **	0.0002**
خطای فرعی Sub eror	24	2.87	19.37	6.50	2.60	19.37	58.78	1.27	1.5111

ns، * و **: به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ns,** and * are no-significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی قطع آبیاری و ژنوتیپ بر وزن خشک اندام‌های گیاهی در مراحل گلدهی و رسیدگی و درصد انتقال مجدد در گلرنگ بهاره

Table 3- Mean compression of main effects disruption irrigation and genotype on dry mater of plant organs in flowering and maturity stages and remobilization percent and harvest index in spring safflower

تیمارها Treatments	مرحله گلدهی Flowering stage				مرحله رسیدگی Maturity stage		
	وزن خشک برگ (گرم بر متر مربع) Leaf dry matter ($g.m^{-2}$)	وزن خشک ساقه و شاخه (گرم بر متر مربع) Stem and branch dry matter ($g.m^{-2}$)	وزن خشک طبق (گرم بر متر مربع) Heading dry matter ($g.m^{-2}$)	وزن خشک برگ (گرم بر متر مربع) Leaf dry matter ($g.m^{-2}$)	وزن خشک ساقه و شاخه (گرم بر متر مربع) Stem and branch dry matter ($g.m^{-2}$)	وزن خشک طبق (گرم بر متر مربع) Heading dry matter ($g.m^{-2}$)	انتقال مجدد (درصد) Remobilization (%)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
رژیم آبیاری Irrigation regimes								
آبیاری کامل Full irrigation	243.80 a*	398.44 a	245.60 a	98.70 a	310.94 a	506.90 a	22.17 c	0.2791 a
آبیاری تا دانه‌بندی Irri. until grain filling	241.66 a	393.02 a	243.24 a	89.97 b	305.52 a	462.78 b	22.45 c	0.2571 b
آبیاری تا گلدهی Irri. until flowering	241.07 a	386.54 a	240.91 a	79.83 c	279.04 b	355.58 c	24.09 b	0.2160 c
آبیاری تا تکمه‌دهی Irri. Until heading-bud	226.52 b	323.28 b	150.97 b	63.23 d	235.88 c	288.90 d	27.31 a	0.1752 d
ژنوتیپ Genotype								
IL111	202.95 c	237.16 c	166.04 c	56.44 c	239.66 c	313.92 c	26.88 a	0.2487 a
اصفهان ۲۸ Isfahan28	249.67 b	372.19 b	218.22 b	92.80 b	284.69 b	390.85 d	23.78 b	0.2225 b
محلی اصفهان Isfahan Mahali	262.18 a	411.69 a	277.02 a	101.81 a	324.19 a	505.85 a	21.36 c	0.2243 b

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD حفاظت شده ندارند.

*Mean values in each column with the same superscript(s) do not differ significantly based on FLSD (P= 0.05).

جدول ٤- مقایسه میانگین وزن خشک اندام‌های گیاهی در مراحل گلدهی و رسیدگی، درصد انتقال مجدد و شاخص برداشت سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره تحت چهار سطح قطع آبیاری

Table 4-Mean compression of dry mater of plant organs in flowering and maturity stages, remobilization percent and harvest index of three spring safflower genotypes under four irrigation disruption levels

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	ژنوتیپ Genotype	مرحله گلدهی Flowering stage			مرحله رسیدگی Maturity stage			انتقال مجدد (درصد) Remobilization (%)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
		وزن خشک برگ (گرم بر متر مربع) Leaf dry matter ($g.m^{-2}$)	وزن خشک ساقه و شاخه (گرم بر متر مربع) Stem and branch dry matter ($g.m^{-2}$)	وزن خشک طبق (گرم بر متر مربع) Heading dry matter ($g.m^{-2}$)	وزن خشک برگ (گرم بر متر مربع) Leaf dry matter ($g.m^{-2}$)	وزن خشک ساقه و شاخه (گرم بر متر مربع) Stem and branch dry matter ($g.m^{-2}$)	وزن خشک طبق (گرم بر متر مربع) Heading dry matter ($g.m^{-2}$)		
آبیاری کامل Full irrigation	IL111	206.75 e*	347.90 e	190.21 c	67.76 f	260.40 f	381.82 e	25.15 d	0.3095 a
	Isfahan28	258.33 b	408.34 b	238.49 b	109.50 b	320.84 cd	497.00 c	21.43 f	0.2634 b
	Mahali Isfahan	266.44 a	439.06 a	308.10 a	118.83 a	351.56 a	641.87 a	19.93 g	0.2644 b
آبیاری تا دانه‌بندی Irri. until grain filling	IL111	205.83 e	345.14 e	187.10 c	63.51 g	257.64 f	358.76 e	25.35 d	0.2685 b
	Isfahan28	254.76 b	402.60 b	236.11 b	95.25 c	315.10 d	445.00 f	21.73 f	0.2527 c
	Mahali Isfahan	265.00 a	431.33 a	306.51 a	111.16 b	343.83 b	584.58 b	20.28 g	0.2500 c
آبیاری تا گلدهی Irri. until flowering	IL111	203.33 e	323.92 e	185.13 c	52.25 h	236.42 g	287.03 g	27.01 c	0.2297 d
	Isfahan28	257.16 b	366.03 b	235.42 b	92.33 c	278.53 e	341.83 b	23.90 e	0.2074 e
	Mahali Isfahan	265.16 a	409.68 a	305.17 a	94.91 c	322.18 c	437.88 d	21.36 f	0.2108 e
آبیاری تا تکمه‌دهی Irri. Until heading-bud	IL111	193.91 f	291.30 f	101.74 f	42.23 i	204.17 i	189.06 i	30.00 a	0.1872 f
	Isfahan28	233.41 d	311.78 d	162.87 e	74.14 e	224.28 h	237.33 h	28.07 b	0.1644 g
	Mahali Isfahan	252.25 c	366.68 c	188.32 d	82.33 d	279.21 e	269.32 g	23.86 e	0.1719 g

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD حفاظت شده ندارند.

*Mean values in each column with the same superscript(s) do not differ significantly based on FLSD (P= 0.05).

جدول ۵- نحوه تخصیص ماده خشک به اندام‌های مختلف ژنوتیپ‌های گلرنگ در مراحل نموی بهاره تحت تأثیر سطوح قطع آبیاری

Table 5- Portration of dry mater to different organs of spring safflower genotypes at development stage under four irrigation disruption levels

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	ژنوتیپ Genotype	گلدهی Flowering				رسیدگی Maturity stage			
		وزن خشک کل Total Dry Matter (گرم بر متر مربع) ($g.m^{-2}$)	برگ Leaf	ساقه + شاخه‌ها Stem+Branches	طبق Heading	وزن خشک کل Total Dry Matter (گرم بر متر مربع) ($g.m^{-2}$)	برگ Leaf	ساقه + شاخه‌ها Stem+Branches	طبق Heading
		(درصد از کل وزن خشک) (Percentage of total dry matter)				(درصد از کل وزن خشک) (Percentage of total dry matter)			
آبیاری کامل full irrigation	IL111	744.86	27.75	46.70	25.53	709.98	9.54	36.67	53.77
	Isfahan28	905.16	28.53	45.11	26.34	927.34	11.80	34.59	53.59
	Mahali Isfahan	1013.60	26.28	43.31	30.39	1112.26	10.86	31.60	57.70
آبیاری تا دانه‌بندی Irri. until grain filling	IL111	738.07	27.88	46.76	25.34	679.91	9.34	37.89	52.76
	Isfahan28	893.47	28.51	45.06	26.42	855.35	11.13	36.83	52.02
	Mahali Isfahan	1002.84	26.42	43.01	30.56	1039.55	12.31	33.07	56.23
آبیاری تا گلدهی Irri. until flowering	IL111	712.58	28.53	45.45	25.98	575.70	9.07	41.06	49.85
	Isfahan28	858.61	29.95	42.63	27.41	712.69	12.95	39.08	47.96
	Mahali Isfahan	980.01	27.05	41.80	31.13	854.97	11.10	37.68	51.21
آبیاری تا تکمه‌دهی Irri. Until heading-bud	IL111	586.95	33.03	49.62	17.33	435.46	9.69	46.88	43.41
	Isfahan28	708.06	32.93	44.03	23.00	535.75	13.83	41.86	44.29
	Mahali Isfahan	807.25	31.24	45.42	23.32	630.86	13.05	44.25	42.69

اثر متقابل قطع آبیاری و ژنوتیپ نیز بر وزن خشک ساقه و شاخه‌ها در هر دو مرحله گلدهی و رسیدگی معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوری که ژنوتیپ محلی اصفهان در تمام سطوح قطع آبیاری جز آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی، بیشترین و ژنوتیپ IL111 تحت شرایط آبیاری تا تکمه‌دهی، کمترین وزن خشک ساقه و شاخه‌ها در مرحله گلدهی را دارا بودند (جدول ۴)، در حالی که نتایج این صفت در مرحله رسیدگی به علت اعمال تمام سطوح آبیاری و نیز تداوم قطع آبیاری در دو تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی و آبیاری تا گلدهی، اندکی متفاوت بود، به طوری که در این زمان، تیمار آبیاری تا مرحله گلدهی به یک گروه پایینتر از نظر آماری تنزل یافت و تحت این شرایط ژنوتیپ محلی اصفهان تنها در دو تیمار آبیاری کامل و آبیاری تا دانه‌بندی بیشترین وزن خشک ساقه و شاخه‌ها را دارا بود (جدول ۴).

نتایج نشان داد که در هر سه ژنوتیپ بیشترین وزن خشک ساقه و شاخه‌ها در مرحله گلدهی و در تمام سطوح قطع آبیاری به جز آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی حاصل شد (جدول ۴)، اما در مرحله رسیدگی با پیشرفت مراحل نموی و تداوم قطع آبیاری، علاوه بر تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی، کاهش در تیمار آبیاری تا گلدهی نیز به دلیل کاهش میزان فتوسنتز جاری در اثر قطع آبیاری و نیز افزایش درصد انتقال مجدد مواد (جدول ۴) مشاهده شد. به طور کلی در هر سه ژنوتیپ کمترین وزن خشک ساقه و شاخه‌ها به علت بیشترین تداوم قطع آبیاری و انتقال مجدد مواد به اندام‌های زایشی، تحت شرایط آبیاری تا تکمه‌دهی حاصل شد، زیرا این تیمار قطر ساقه و تعداد شاخه جانبی کمتر، طول فصل رشد کوتاهتر و در نتیجه کاهش در میزان تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی را دارا بود (نتایج نشان داده نشده است). لازم به ذکر است که در بسیاری از مطالعات تفاوت وزن ساقه و شاخه‌ها در زمان گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک به عنوان شاخص میزان کربوهیدرات منتقل شده به دانه در نظر گرفته شده است در حالی که این فرض تا حدودی نادرست به نظر می‌رسد و مهمترین دلیل ذکر شده برای آن تنفس است، به طوری که گزارشات برخی محققان (Bonnet & Incoll, 1992; Bell & Incoll, 1990) نشان داده است که حدود ۷ تا ۴۲ درصد از تلفات کربوهیدرات ساقه و شاخه‌ها تحت تأثیر تنفس نشان داده شده است. لذا نتایج حاصل از روش فوق هر چند کاستی‌هایی دارد، ولی نقش انتقال مجدد در شرایط مختلف را تا حد قابل قبولی مشخص می‌سازد.

وزن خشک طبق در مراحل گلدهی و رسیدگی: به طور کلی در تمام تیمارهای آزمایشی وزن خشک طبق‌ها و اندام‌های رویشی از مرحله گلدهی تا مرحله رسیدگی به ترتیب، روند افزایشی و کاهشی داشتند (جدول‌های ۳ و ۴) که این افزایش وزن طبق‌ها با پیشرفت مراحل نموی گیاه ناشی از تخصیص بیشتر فتوسنتز جاری و نیز انتقال مجدد از ساقه و شاخه‌ها به این بخش می‌باشد که در نتیجه این امر کاهش در وزن ساقه و شاخه‌ها مشاهده شد (جدول ۳). کولر و همکاران (Kooler et al., 1970) در سویا و مالکی و همکاران (Mulkey et al., 1982) در کنجد چنین روندی را در افزایش وزن اندام‌های زایشی مربوطه گزارش کردند.

قطع آبیاری اثر معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن خشک طبق در هر دو مرحله گلدهی و رسیدگی داشت (جدول ۲). در مرحله گلدهی تنها تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی به کاهش وزن خشک طبق‌ها منجر شد که به دلیل کاهش تعداد طبق‌های اولیه و ثانویه بود، اما سه تیمار دیگر آبیاری از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). اثر قطع آبیاری بر وزن خشک طبق در مرحله رسیدگی نیز معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۱) بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک طبق در شرایط آبیاری کامل حاصل شد و میزان کاهش این صفت در تیمارهای آبیاری تا دانه‌بندی، آبیاری تا گلدهی و آبیاری تا تکمه‌دهی به ترتیب حدود ۸/۷۰، ۲۹/۸۵ و ۴۳ درصد بود (جدول ۳). در تیمارهای آبیاری تا دانه-بندی و آبیاری تا گلدهی این کاهش در وزن خشک طبق‌ها تنها ناشی از کاهش میزان فتوسنتز جاری در اثر قطع آبیاری بود، اما در تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی کاهش میزان مواد فتوسنتزی در اثر اعمال تنش از یک سو و کاهش تعداد طبق‌های اولیه و ثانویه از سوی دیگر به بیشترین کاهش در وزن خشک طبق‌ها منجر شد (جدول ۳).

اثر ژنوتیپ نیز در وزن خشک طبق‌ها در هر دو مرحله گلدهی و رسیدگی معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۱) بود (جدول ۲). ژنوتیپ محلی اصفهان به دلیل تعداد طبق بیشتر در واحد سطح از بیشترین میزان وزن خشک طبق نیز برخوردار بود. ژنوتیپ‌های اصفهان ۲۸ و IL111 نیز در رتبه‌های بعدی از نظر این صفت قرار گرفتند، زیرا تعداد طبق کمتری در واحد سطح دارا بودند. اثر متقابل قطع آبیاری و ژنوتیپ نیز بر وزن خشک طبق در هر دو مرحله معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوری که در مرحله گلدهی ژنوتیپ IL111 تحت شرایط آبیاری تا تکمه‌دهی کمترین میزان وزن خشک طبق را دارا بود و ژنوتیپ محلی اصفهان نیز در تیمار آبیاری کامل، آبیاری تا دانه‌بندی و آبیاری تا گلدهی بیشترین وزن خشک طبق را داشت (جدول ۴)، اما در مرحله دانه‌بندی بیشترین وزن خشک طبق در ژنوتیپ محلی اصفهان و تنها در شرایط آبیاری کامل حاصل شد و در این ژنوتیپ با افزایش مدت زمان قطع آبیاری در تیمارهای آبیاری تا دانه‌بندی، آبیاری تا گلدهی و آبیاری تا تکمه‌دهی نسبت به آبیاری کامل به ترتیب ۸/۹، ۳۱/۸ و ۵۸ درصد کاهش در وزن خشک طبق مشاهده شد. همچنین درصد کاهش وزن خشک طبق تحت تیمارهای ذکرشده در ژنوتیپ اصفهان ۲۸ به ترتیب، ۱۰/۵، ۳۱/۲ و ۵۲/۲ درصد و در ژنوتیپ IL111 به ترتیب، ۶، ۲۴/۸ و ۵۰/۵ درصد بود (جدول ۴). لذا به طور کلی می-توان چنین بیان کرد که در مرحله دانه‌بندی با افزایش مدت زمان قطع آبیاری کاهش وزن خشک طبق در هر سه ژنوتیپ مشاهده شد و

درصد کاهش این صفت در ژنوتیپ محلی اصفهان نسبت به دو ژنوتیپ دیگر بیشتر بود (جدول ۴).

تخصیص ماده خشک بین اندام‌های هوایی گلرنگ در مراحل گلدهی و دانه‌بندی در جدول ۵ نشان داده شده است. در مرحله گلدهی تقریباً حدود ۷۰ درصد به اندام‌های رویشی و ۳۰ درصد به اندام‌های زایشی اختصاص یافت، در حالی که در انتهای فصل رشد حدود ۵۱ درصد به بخش زایشی و ۴۹ درصد به بخش رویشی تخصیص پیدا کرد (جدول ۵). با افزایش مدت زمان قطع آبیاری به ویژه در تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی از تخصیص مواد به اندام‌های زایشی کاسته شد. همچنین در بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ محلی اصفهان قادر به تخصیص بیشتری از مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی خود بود. به طور کلی، با افزایش مدت زمان قطع آبیاری و کاهش تولید مواد فتوسنتزی تخصیص به اندام‌های زایشی در هر سه ژنوتیپ کاهش یافت.

شاخص برداشت: در این بررسی، اثر قطع آبیاری بر روی شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین شاخص برداشت به ترتیب در شرایط آبیاری کامل و آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی حاصل شد (جدول ۳). با توجه به این که تنش خشکی از طریق قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد زایشی بر گیاه اعمال شد و فرآورده‌های فتوسنتزی در طی این مرحله به طور عمده صرف تولید و توسعه اندام‌های زایشی می‌شوند، لذا کاهش عرضه مواد پرورده در اثر تنش خشکی در مرحله زایشی، در اندام‌های زایشی منعکس و از طریق کاهش تعداد و وزن دانه در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه شد. البته کاهش در عملکرد بیولوژیک نیز صورت گرفت که نسبت به کاهش در عملکرد دانه کمتر بود (درصد کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در تیمار آبیاری تا دانه‌بندی به ترتیب ۴ و ۱۰ درصد، در تیمار آبیاری تا گلدهی ۱۱/۱ و ۳۰/۹ درصد و در تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی ۲۰ و ۵۰/۳ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل بود) (نتایج نشان داده نشده است)، زیرا بخش عمده وزن خشک اندام رویشی تا مرحله تکمه‌دهی تشکیل شده بود و فقط بخشی از آن به علت نامحدود بودن رشد این گیاه تا مرحله گلدهی ادامه یافت که در نهایت کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیکی به کاهش در شاخص برداشت منجر شد.

در بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ IL111 بیشترین شاخص برداشت را دارا بود (جدول ۳). این مطلب نشانگر این واقعیت است که این ژنوتیپ در انتقال کربوهیدرات‌ها از اندام‌های سبز گیاه به دانه‌ها نسبت به دو ژنوتیپ دیگر موفق‌تر عمل کرده است. بین ژنوتیپ‌های محلی اصفهان و اصفهان ۲۸ نیز تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص برداشت مشاهده نشد (جدول ۳). تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص برداشت توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Mahmudieh et al., 2006; Behdani & Jami Al-Ahmadi, 2008; Mousavifar et al., 2009).

اثر متقابل معنی‌دار بین قطع آبیاری و ژنوتیپ از نظر شاخص برداشت وجود داشت (جدول ۲)، به طوری که بیشترین میزان شاخص برداشت تحت شرایط آبیاری کامل و در ژنوتیپIL111 حاصل شد. کمترین میزان شاخص برداشت نیز در تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی و در ژنوتیپ اصفهان ۲۸، به دست آمد (جدول ۴). کاهش شاخص برداشت در ژنوتیپ محلی اصفهان در شرایط آبیاری تا دانه‌بندی، آبیاری تا گلدهی و آبیاری تا تکمه‌دهی نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۵/۵، ۲۰/۳ و ۳۵ درصد، در ژنوتیپ اصفهان ۲۸ به ترتیب ۴/۱، ۲۱/۳ و ۳۶/۸ درصد و در ژنوتیپ IL111 به ترتیب ۱۳/۲، ۲۵/۸ و ۳۹/۵ درصد مشاهده شد (جدول ۴). بنابراین با افزایش مدت زمان قطع آبیاری از میزان شاخص برداشت در هر سه ژنوتیپ کاسته شد که درصد افت این صفت در ژنوتیپ IL111 نسبت به دو ژنوتیپ دیگر بیشتر بود. با توجه به این که شاخص برداشت بیانگر کارآیی توزیع مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه‌ها است و تحت شرایط تنش کاهش مواد فتوسنتزی در گیاه اتفاق می‌افتد، لذا سهم هر یک از دانه‌ها از این مواد کمتر شده که در نهایت به کاهش شاخص برداشت می‌انجامد.

نتیجه گیری

به طورکلی، در این آزمایش مشاهده شد که انتقال مجدد در گلرنگ تحت تأثیر مدیریت آبیاری و رقم قرار گرفت. در بین سطوح قطع آبیاری، بیشترین و کمترین میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به ترتیب در شرایط آبیاری تا تکمه‌دهی و آبیاری کامل مشاهده شد. به علاوه خصوصیت ژنتیکی ارقام نیز در این میان نقش مهمی داشت .به طوری که رقم IL111 بیشترین میزان انتقال مجدد را دارا بود که این امر می‌تواند به علت زودرس بودن و پیری سریع برگ‌های این رقم نسبت به دو رقم دیگر باشد. در کل نتایج این بررسی نشان داد که انتقال مجدد فرآیندی است که در صورت مواجه گیاه با تنش رطوبتی از کاهش بیشتر عملکرد دانه جلوگیری می‌کند. این فرآیند در شرایط تنش انتهای فصل اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. با توجه به این که تنش رطوبتی انتهای فصل از تنش‌های معمول آب و هوای مدیترانه‌ای است، لذا انتقال مجدد در این شرایط می‌تواند در جهت جلوگیری از کاهش بیشتر عملکرد دانه، ایفای نقش کند. عدم مواجهه با تنش رطوبتی قبل از گلدهی و در طول شکل‌گیری طبق باعث ایجاد مقصدی قوی خواهد شد و تحت این شرایط در صورت مواجه گیاه با شرایط تنش انتهای فصل به دلیل تقاضای مقصد میزان انتقال مجدد مواد ذخیره شده در اندام‌های مختلف گیاه افزایش یافته و سهم بیشتری در پر کردن دانه ایفاء می‌کنند. بنابراین با راهکارهای مدیریتی بایستی سعی شود تا در مراحل قبل از گلدهی گیاه کمتر با

تنش رطوبتی مواجه شود و به تبع آن مقصد قوی شکل گرفتـه تـا در شرایط تنش انتهای فصل که در شرایط ایـران معمـول اسـت انتقـال مجدد نقش بیشتری در جهت بهبود عملکرد دانه ایفا کند.

منابع

1- Abel, G.H. 1976. Effects of irrigation regimes, planting date, nitrogen levels, and spacing on safflower cultivar. Agronomy Journal 68: 448-451.
2- Arnon, I. 1972. Crop production in dry areas. Vol. II: Systematic treatment of the principal crops. Leonard Hill, London.
3- Behdani, M.A., and Jami Al-Ahmadi, M. 2008. Evaluation of growth and yield safflower cultivars in different planting dates. Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 245-254. (In Persian with English Summary)
4- Bell, C.J., and Incoll, L.D. 1990. The redistribution of assimilate in field grown winter wheat. Journal Experiment Botany 41: 949-960.
5- Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. Euphytica 100: 77-83.
6- Bonnet, G.D., and Incoll, L.D. 1992. The potential pre-anthesis and post-anthesis contributions of stem internodes to grain yield in crops of winter barley. Annual Botany 69: 219-225.
7- Cox, W.J., and Julliof, G.D. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under water deficit. Agronomy Journal 78: 226-230.
8- Diallo, A.T., Samb, P.I., and Roy-Macauley, H. 2001. Water status and stomatal behavior of cowpea, *Vigna unguiculata* L. Walp, plants inoculated with two *Glomus* species at low soil moisture levels. European Journal Soil Biology 37: 187-196.
9- Dwyer, L., Stewart, M., and Tollenaar, M. 1992. Analysis of maize leaf photosynthesis under drought. Canada Journal Plant Science 72: 477-481.
10- Emam, E., and Nicknezhad, M. 2004. Yield Physiology of Crop Plants. Shiraz University Publication, Iran 571 pp.
11- Emam, E., and Zavareh, M. 2005. Tolerate of Drought in Plants. Tehran University Publication, Iran p. 107-108.
12- Iramki, S.D., Haman, D.Z., and Bastug, R. 2000. Determination of crop water stress index for irrigation timing and yield estimation of corn. Agronomy Journal 92: 1221-1234.
13- Jazaeri Nushabadi, M.R., and Rezaei, A.M. 2007. Evaluation of relations between parameters in oat cultivars in water stress and non- stress conditions. Science and Methods Agriculture and Natural Source 11(1): 265-278.
14- Kafi, M., and Rostami, M. 2008. Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield and components yield and oil content three safflower cultivars in irrigation with salty water conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 5(1): 121-131. (In Persian with English Summary)
15- Koocheki, A., and Sarmadnia, G. 2000. Crop Plants Physiology. Jihad Daneshgahi Publication, Mashhad, Iran 467 pp. (In Persian)
16- Kooler, H.R., Nyquist, W.E., and Chorush, I.S. 1970. Growth analysis of the soybean community. Crop Science 10: 407-412.
17- Mahmudieh, R., Ehsanzadeh, P., and Saeidi, G. 2006. Effect of genotype and shading of heading and near leaves on components yield and safflower yield in Isfahan. Iranian Journal of Agricultural Sciences 1(37):157-165. (In Persian with English Summary)
18- Majnun Hosaini, N., Mohammadi, H., Pustini, K., and Zainali Khanghah, M. 2002. Effects of density on crop characteristics, content of chlorophyll and percentage of stem remobilization in pea cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences 34(4): 1011-1019. (In Persian with English Summary)
19- Mousavi Nick, S.M., and Mobser, H.R. 2007. Stress in Crop Plants and Facing with them. Shoara Publication, Iran 368 pp. (In Persian)
20- Mousavifar, B.E., Behdani, M.A., and Jami Al-Ahmadi, M. 2009. Response of spring safflower cultivars to different irrigation intervals in Birjand condition. In: Proceedings of Regional Congress on Water Crisis and Drought. Rasht, Iran p. 670-675. (In Persian)
21- Mulkey, Jr. H., Drawe, J., and Elledge, R.E. 1982. Planting date effects on plant growth and development in sesame. Crop Science 79: 701- 703.
22- Nielsen, D.C. 1996. Potential of canola as a dry land crop in north eastern Colorado. P. 281-287. In: Journal Janick progress in new crops. AsHs Press. Alexanderia, VA.
23- Ourcut, D., and Nilsen, E.T. 2000. Salinity and drought stress. In Physiology of Plants under Stress. KA/PP. p. 177-235.
24- Purdad, S. S. 2007. Safflower. Center of Mehr Publication, Iran 123 pp. (In Persian)

25- Rashed Mohasel, M.H., and Behdani, M.A.1994. Evaluation of the effect of cultivar and density on yield and components yield safflower plant. Iranian Journal of Agricultural Sciences and Technologies 8(2): 110-122.
26- Simons, S.R., and Jones, R.J. 1985. Contributions of presilking assimilate of grain yield in maize. Crop Science 25: 1004- 1006.
27- Stewart, J.I., Misra, R.D., Pruitt, W.O., and Hagan, R.M. 1975. Irrigation corn and grain sorghum with a deficient water supply. Trans ASAE 18: 270-280.
28- Tavakoli, A. 2002. Evaluation of the effect of irrigation disruption in different growth stages on yield and components yield safflower plant. MSc Thesis Faculty of Agriculture Tehran University, Iran. (In Persian with English Summary)
29- Terlestkaya, N. 2000. Water Stress. American Society of Plant Biologist 234 pp.