نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۶۳۹-۶۲۷

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 4, Winter 2010, p. 627-639

اثر آبیاری محدود بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط بیرجند

بی بی الهه موسوی‌فر[۱*]، محمد علی بهدانی[۲] ، مجید جامی الاحمدی[۲] و محمد سعیدحسینی بجد[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۷/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۲۰

چکیده

کمبود دانه‌های روغنی و حجم بالای واردات روغن در ایران از یک سو و محدودیت منابع آبی در سر راه تولید بسیاری از دانه‌های روغنی از سوی دیگر، ضرورت شناسایی گونه‌ها و ارقام سازگار به این شرایط پر تنش و تعیین حساسترین مراحل رشدگیاه به تنش را آشکار می سازد. لذا به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) به قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد زایشی و نیز تعیین حساسترین مرحله رشد این ژنوتیپ‌ها به محدودیت آبی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۸۷ -۱۳۸۶ 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، سه رقم گلرنگ بهاره (محلی اصفهان، اصفهان ۲۸ و IL111) بود. نتایج نشان داد، افزایش مدت زمان قطع آبیاری موجب زودرسی، کاهش طول دوره رشد، میزان تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و عملکرد دانه در هر سه ژنوتیپ شد و کاهش این پارامترها در رقم محلی اصفهان نسبت به دو رقم دیگر کمترین میزان بود. به طور کلی ژنوتیپ محلی اصفهان به دلیل بومی بودن، خوپذیری بیشتری به شرایط محدودیت آبی در خراسان جنوبی داشت و هر چه دیرتر در طی فصل رشد با تنش خشکی مواجه شود، عملکرد آن کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در نهایت مشخص گردید که مرحله تکمه‌دهی در گلرنگ بسیار حساس به کمبود آب می‌باشد و وقوع تنش در این دوره منجر به کاهش شدید دوره رشد، شاخص‌های رشدی و عملکرد دانه می‌شود بنابراین تأمین آب در دوره تکمه‌دهی گلرنگ اهمیت ویژه‌ای در بهبود عملکرد آن دارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های رشد، عملکرد دانه، مراحل فنولوژی

مقدمه

اصولاً مهمترین عامل محدود کنندهٔ رشد گیاهان آب می‌باشد و از آنجا که بخش اعظم اراضی ایران در نواحی خشک و نیمه خشک واقع شده‌اند لذا دسترسی کم به آب آبیاری مشکل آفرین است (Tavakoli, 2002). بنابراین با توجه به محدودیت منابع آب قابل استحصال کشور و وجود فشارها و تنگناهای روزافزون برای کاهش سهم آب کشاورزی در آینده، ضرورت بازنگری در مدیریت مصرف این ماده حیاتی به شکل کاملاً جدی مطرح شده و تولید محصول در این مناطق، مستلزم استفاده از گیاهان مقاوم به شرایط خشکی و کمبود رطوبت، جهت حصول عملکردهای قابل قبول می‌باشد.

گیاهان روغنی از نظر تأمین انرژی مورد نیاز انسان و دام، از جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات زراعی برخوردارند و یکی از باارزش‌ترین محصولات بخش کشاورزی محسوب می‌شوند. از این رو، کاشت دانه‌های روغنی از گذشته‌های دور بخش مهمی از کشاورزی کشورها از جمله بسیاری از کشورهای شرقی را تشکیل داده و برخی از آنها جزو اقلام صادراتی عمده این کشورها محسوب می‌شوند (Tavakoli, 2002). در ایران نیز کاشت دانه‌های روغنی مانند آفتابگردان، کنجد، کرچک و گلرنگ قدمتی طولانی دارد (Tavakoli, 2002). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی دانه روغنی و متحمل به خشکی است، زیرا دارای ریشه‌های عمیقی است که قادر است آب را از عمق خاک جذب کرده (Arnon, 1972) و میزان روغن مناسب که در شرایط مساعد بسته به نوع ژنوتیپ تا ۴۵ درصد می‌رسد، تولید نماید (Tavakoli, 2002). محققین مختلف به تناسب موضوع مراحل مختلفی از دوره رشد شامل سبز شدن،

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشیار گروه شیمی، دانشکده علوم دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email:e.moosavifar@yahoo.com)

ساقه‌دهی، تکمه‌دهی، گلدهی و رسیدگی را در گلرنگ بهاره لحاظ نموده‌اند (Bagheri, 1995; Farid & Yasari, et al., 2005; Mahmudieh et al., 2006; Ehsanzadeh, 2006)، زیرا آگاهی از زمان وقوع هر یک از این مراحل رشد و نمو باعث می‌شود تا بتوان شرایط مورد نیاز هر مرحله را ارزیابی کرده و آن را به شرایط بهینه گیاه نزدیک نمود که این امر در نهایت موجب افزایش عملکرد محصول خواهد شد (Koocheki & Sarmadnia, 2000). به علاوه شناسایی زمان وقوع مراحل نموی در هر گیاه زراعی لازم و ضروری به نظر می‌رسد، زیرا معمولاً در شرایط کم آبی برای استفاده بهینه از آب می‌بایست آن را در مراحل بحرانی رشد استفاده نمود تا بدین وسیله عملکرد گیاه افزایش یابد. به همین لحاظ بررسی تغییرات حیاتی گیاه شامل مراحل رشد رویشی و زایشی نسبت به زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Mundel et al., 1994). اما کلیه مراحل نموی ذکر شده در گلرنگ، تحت تأثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی به ویژه درجه حرارت و رطوبت قرار می‌گیرند (Hill & Knowles, 1968). به طوری که در بررسی‌های مختلف بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر طول دوره رشد و زمان وقوع مراحل فنولوژیک تفاوت مشاهده شد و این مسأله بیانگر تأثیر خصوصیات ژنتیکی وابسته به هر ژنوتیپ است که به همراه عوامل محیطی، نقش تعیین‌کننده‌ای در طول هر یک از مراحل رشد و نمو دارند (Mundel et al., 1994; Behdani & Jami Al-Ahmadi, 2008). بعلاوه اکثر محققین با بررسی طول مراحل نموی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ بهاره بین عملکرد و مراحل نموی در این گیاه همبستگی مثبت گزارش کردند (Pandya et al., 1996; Zheng et al., 1993; Urie, 1967). کمبود آب و تنش خشکی نیز بر روی مدت زمان هر مرحله نموی در گلرنگ مؤثر است. به طوری که در مطالعه هانگ و ایوانز (Hang & Evans, 1985)، نادری و همکاران (Naderi et al., 2004) و طاووسی (Tavusi, 2007) تنش خشکی باعث گلدهی زودتر، رسیدگی سریعتر و کاهش عملکرد در گلرنگ شد. زیرا بنا به اظهارات کوچکی و سرمدنیا (Koocheki & Sarmadnia, 2000) یکی از راه‌های اجتناب از خشکی در گیاهان، پدیده زودرسی و کوتاه نمودن دوره رشد می‌باشد که با کاهش عملکرد نیز همراه است. لویت (Levit, 1980) نیز معتقد است که از جمله مکانیسم‌های مرتبط با اجتناب از خشکی کاهش سطح برگ است. وی عقیده دارد که در شرایط تنش خشکی سطح برگ می‌تواند بر اساس نوع رابطه‌ای که بین فتوسنتز و تعرق وجود دارد به عنوان یک شاخص مثبت و یا منفی نمود پیدا کند. تغییر سطح برگ فرآیند مهمی است که محصولات زراعی تحت تنش از طریق آن کنترل خود را بر استفاده از آب حفظ می‌کنند و از طریق تعدیل سطح برگ، کاهش آب را در سایه‌انداز با توجه به مقدار آن در خاک تنظیم می‌نمایند (Passioura, 1996). تنش آبی، کاهش محتوای نسبی آب برگ و کاهش پتانسیل فشاری سلول‌های برگ و در نتیجه کاهش تقسیم سلولی برگ و توقف رشد را در پی دارد. بعلاوه افزایش میزان اسید آبسیزیک و تأمین نشدن آسیمیلات مورد نیاز برای رشد برگ در نتیجه کاهش فتوسنتز از مهمترین علل احتمالی کاهش شاخص سطح برگ در اکثر گیاهان زراعی بر اثر تنش خشکی ذکر شده است (Banon et al., 2004). در گلرنگ نیز تنش خشکی از طریق کاهش شاخص سطح برگ، باعث کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Tavakoli, 2002). در شرایط تنش خشکی میزان جذب دی اکسیدکربن در واحد سطح برگ کاهش یافته و این تأثیر منفی در طی دوران نمو زایشی شدیدتر می‌گردد. در شرایط خشکی شدید، گیاه برای کاهش تبخیر و تعرق اقدام به ریزش برگ‌ها می‌کند و به این ترتیب سطح فتوسنتزکننده کاهش یافته و در نهایت منجر به افت سرعت رشد محصول و عملکرد می‌گردد (Turmer & Sorbado, 1987). پس ضروری به نظر می‌رسد که صفات و فرآیندهای مرتبط با مقاومت به خشکی از جمله مراحل نموی و شاخص‌های رشد و چگونگی تغییرات آنها تعیین گردد. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی عکس‌العمل رشدی ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره به قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد زایشی و نیز تعیین حساسترین مرحله رشد این ژنوتیپ‌ها به محدودیت آبی است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در بهار و تابستان سال 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. 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 رقم گلرنگ بهاره (محلی اصفهان، اصفهان ۲۸ و IL111) بود. هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت به صورت جوی و پشته به طول ۵ 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. کاشت در ۲۷ فروردین ماه ۱۳۸۷ با دست در عمق ۵ - ۴ سانتیمتری روی پشته و به صورت متراکم انجام شد و بلافاصله آبیاری صورت گرفت و از آن پس، طبق مراحل نموی گیاه تیمارهای آبیاری اعمال شد. در مرحله ۴ تا ۶ برگی گیاهچه‌ها بر اساس فاصله حدود ۵ سانتیمتر تنک گردیدند. مراحل رشد و نمو گیاه بر اساس ثبت مشاهده ظهور علایم مربوط به هر مرحله نموی و با قرار گرفتن ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت در آن مرحله تعیین شد (Mahmudieh et al., 2006; Yasari et al., 2005; Frid & Ehsanzadeh, 2006). طول مرحله کاشت تا سبز شدن: زمانی که لپه‌ها در۵۰ درصد از نقطه‌های کاشت هر کرت، سر از

خاک بیرون آورده باشند.کاشت تا ساقه‌دهی: مشاهده رشد نخستین میانگره به طول حدود ۱ سانتی‌متر، کاشت تا آغاز تکمه‌دهی: رسیدن قطر جوانه طبق در رأس ساقه اصلی به حدود ۵ میلی‌متر، کاشت تا آغاز گلدهی: مشاهده نخستین گل‌های خارج شده در طبق‌های اصلی هر کرت، کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی: خروج گل‌ها در۵۰ درصد از طبق‌های ساقه اصلی هر کرت، کاشت تا گلدهی کامل: مشاهده خروج گل‌ها در ۹۵ درصد طبق‌های موجود در هر کرت، کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک: آغاز زرد شدن ۷۵ درصد برگچه‌های طبق‌های موجود می‌باشد. درجه روز رشد تجمعی (GDD) نیز بر اساس رابطه زیر محاسبه شده $GDD = ((t_{max} + t_{min})/2) - t_b$ که در آن t_{max}= حداکثر درجه حرارت روزانه، t_{min} = حداقل درجه حرارت روزانه، t_b= درجه حرارت پایه (برای گلرنگ۵ درجه سانتیگراد) می‌باشد (Koocheki & Sarmadnia, 2000).

جهت ارزیابی شاخص‌های رشد از مقادیر شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ، ساقه و طبق استفاده شد. به منظور تعیین روند رشد گیاه، از ۳۵ روز پس از کاشت به فاصله هر ۱۰ روز یک بار، در مجموع هشت نوبت نمونه‌برداری در طول فصل رشد انجام گرفت. 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. در هر نوبت نمونه-برداری، پنج بوته بطور تصادفی از نیمه دوم کرت جهت تعیین شاخص سطح برگ و وزن خشک گیاه زراعی انتخاب شده از سطح زمین برداشت شد و پس از قرار دادن در پلاستیک به آزمایشگاه منتقل گردید. اندازه سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[1] تعیین گردید. شاخص سطح برگ[2] (LAI) و سرعت رشد گیاه[3](CGR) با کمک فرمول‌های زیر محاسبه شد:

$$LAI = (LA_2 + LA_1)/2 . (1/G_A) \quad \text{معادله (۱)}$$

$$CGR = 1/G_A (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1) \quad \text{معادله (۲)}$$

که علائم اختصاری در این فرمول‌ها به ترتیب بیانگر: $L_{A2}-L_{A1}$ = تغییرات سطح برگ، G_A = سطح زمین، W_1- W_2= تغییرات وزن خشک، t_1 - t_2= فاصله زمان نمونه برداری، W_1= وزن ماده خشک در نمونه برداری اول در زمان اول (t_1)، W_2= وزن ماده خشک در نمونه برداری دوم در زمان دوم (t_2) می‌باشد (Koocheki & Sarmadnia, 2000). 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. برای محاسبه عملکرد دانه در واحد سطح سه متر مربع از مساحت هر کرت، با رعایت اثر حاشیه برداشت و توزین شد. در پایان تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Genstat انجام شد و از آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به این که سطوح مختلف قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی اعمال شدند، بنابراین تنها اثر ژنوتیپ، در مرحله رشد رویشی سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره بر تعداد روز و درجه روز- رشد تجمعی از کاشت تا وقوع مراحل سبز شدن، ساقه‌دهی و تکمه‌دهی (آغاز رشد زایشی) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). کمترین و بیشترین شمار روز و میزان واحد گرمایی لازم از کاشت تا ۵۰ درصد سبز شدن، ساقه‌دهی و تکمه‌دهی به ترتیب در ژنوتیپ‌های IL111 و محلی اصفهان مشاهده شد (جدول۲). به نظر می‌رسد که نتایج حاصل، حاکی از تفاوت ژنوتیپ‌ها در عکس العمل به طول روز و دما باشد. تفاوت بین ژنوتیپ‌های گلرنگ در این سه مرحله نموی توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Zand, 1995; Mahmudieh et al., 2006; Haidarizade & Khagepur, 2007).

تعداد روز و درجه روز-رشد تجمعی از کاشت تا آغاز گلدهی و ۵۰ درصد گلدهی تحت تأثیر قطع آبیاری قرار نگرفت (جدول۳)، در حالی که قطع آبیاری بر تعداد روز و درجه روز- رشد تجمعی از کاشت تا اتمام گلدهی (۱۰۰٪ گلدهی) در سطح احتمال یک درصد مؤثر و معنی‌دار بود (جدول۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سطح آبیاری تا تکمه‌دهی، طول دوره رسیدن به ۱۰۰ درصد گلدهی نسبت به سه سطح دیگر آبیاری به طور متوسط ۳/۳ روز کاهش یافت (جدول۴). تسریع در اتمام گلدهی به واسطه تنش خشکی را می‌توان به تأثیر تنش خشکی در تسریع مراحل تکامل و ظهور گل‌ها نسبت داد. ابل (Abel, 1976) نیز با اعمال تنش خشکی بر روی گلرنگ چنین نتیجه‌ای را در کاهش طول مرحله گلدهی مشاهده کرد.

تفاوت بین ژنوتیپ‌ها نیز از نظر طول دوره و درجه روز- رشد تجمعی از کاشت تا آغاز، ۵۰ و ۱۰۰ درصد گلدهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). ژنوتیپ‌های محلی اصفهان و IL111، به ترتیب بیشترین و کمترین طول این دوره و درجه روز رشد- تجمعی را به خود اختصاص دادند (جدول۴). همچنین تفاوت بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر طول مرحله گلدهی در برخی مطالعات (Bagheri, 1997; Dadashi & Khajepure, 2004; Yasari et al., 2004; Mahmudieh et al., 2006) نیز مشاهده شده است.

1- Leaf Area Meter
2- Leaf Area Index
3- Crop Growth Rate

جدول۱- میانگین مربعات تعداد روز و درجه روز رشد تجمعی از کاشت تا تکمه‌دهی در ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره

Table 1- Mean square of number of days and growth degree day (GDD) from planting to heading-bud in different safflower genotypes

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات تعداد روز Mean square of Days			میانگین مربعات درجه روز- رشد تجمعی Mean square of GDD		
		سبز شدن Emergence	ساقه‌دهی Stem producing	تکمه‌دهی Heading-bud	سبز شدن Emergence	ساقه‌دهی Stem producing	تکمه‌دهی Heading-bud
بلوک (Block)	3	0.03 ns	0.05 ns	0.03 ns	6.37 ns	1.31 ns	9.78 ns
ژنوتیپ (Genotype)	2	5.56**	56.71**	52.40**	967.520**	13381.33**	16047.75**
خطا (Error)	6	0.03	0.01	0.02	5.21	3.86	8.762

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

ns,** and * are no-Significant, Significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

جدول۲- مقایسه میانگین تعداد روز و درجه روز رشد- تجمعی از کاشت تا تکمه‌دهی در ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره

Table 2- Mean comparison of number of days and growth degree days (GDD) from planting to Heading-bud in safflower genotypes

مرحله نموی گیاه (Stage of plant development)						
سبز شدن (Emergence)		ساقه‌دهی (Stem producing)		تکمه‌دهی(Heading-bud)		
ژنوتیپ Genotype	روز Day	درجه روز رشد تجمعی GDD	روز Day	درجه روز رشد تجمعی GDD	روز Day	درجه روز رشد تجمعی GDD
IL111	6.5 c	84.24 c	23.5 c	369.75 c	39.0 c	684.25 c
Isfahan28	8.5 b	106.25 b	27.5 b	439.89 b	43.0 b	755.56 b
Mahali Isfahan	9.5 a	117.22 a	28.5 a	448.49 a	46.5 a	811.56 a
میانگین (Mean)	8.16	102.57	26.5	419.37	42.83	750.45

مقایسه میانگین با استفاده از آزمون FLSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شده است.

Mean compression has been done by FLSD test (P = 0.05).

اثر قطع آبیاری بر تعداد روز و درجه روز رشد تجمعی از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). رژیم آبیاری کامل و آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی به ترتیب بیشترین و کمترین طول دوره رشد و درجه روز- رشد تجمعی را داشتند (جدول۴). در تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی، طول مراحل گلدهی و پر شدن دانه کاهش یافت اما تیمارهای آبیاری تا گلدهی و آبیاری تا دانه‌بندی، تنها بر روی طول دوره پر شدن دانه تأثیرگذار بودند (جدول۴). نادری و همکاران (Naderi et al., 2004) و طاووسی (Tavusi, 2007) بیان کردند تنش خشکی باعث کاهش تعداد روز تا رسیدگی در گلرنگ تابستانه شد. در مطالعه ابل (Abel, 1976) نیز قطع آبیاری در مرحله گلدهی باعث ۱۵ روز تسریع در رسیدگی گلرنگ گردید. با محدودیت آب در طی دوران زایشی طول دوره گلدهی و پر شدن دانه کاهش یافت که در نهایت منجر به کاهش طول دوره رشد شد (جدول۴). کوچکی و سرمدنیا (Koocheki & Sarmadnia, 2000) بیان کردند در شرایط تنش خشکی میزان تولید اسید آبسیزیک در گیاه افزایش می‌یابد و این امر باعث تسریع در رسیدگی گیاه می‌شود.

تفاوت بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر تعداد روز و درجه روز- رشد تجمعی از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جداول ۳ و۴). بیشترین طول دوره رشد (دیررسترین) مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان و کمترین (زودرسترین) مربوط به ژنوتیپ IL111 بود (جدول۴). فرید و احسانزاده (Farid & Ehsanzadeh, 2006) نیز در بررسی ۴ ژنوتیپ گلرنگ در کشت تابستانه نتیجه گرفتند اثر ژنوتیپ بر تعداد روز درتمام مراحل نمو معنی‌دار بود و توده محلی اصفهان و ای. سی- استرلینگ به ترتیب دیررس‌ترین (۱۲۲روز) و زودرس‌ترین (۱۰۸ روز) ژنوتیپ‌ها بودند. داداشی و خواجه پور (Dadashi & Khajepure, 2004) و محمودیه و همکاران (Mahmudie et al., 2006) نیز تفاوت معنی‌داری را از لحاظ تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی بین ژنوتیپ‌ها مشاهده کردند، ولی احسانزاده و زارعیان (Ehsanzadeh & Zareaian, 2003) تفاوت معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه خود گزارش نکردند.

جدول۳- میانگین مربعات تعداد روز و درجه روز- رشد تجمعی از کاشت تا مراحل مختلف نموی در ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره تحت تأثیر قطع آبیاری

Table3- Mean square of numberof days and growth degree days from planting to different plant developmental stages in spring safflower genotypes under disruption irrigation conditions

منابع تغییر (S.O.V)	درجه - آزاد ی (df)	عملکرد دانه Seed yield	میانگین مربعات تعداد روز Mean square of Days					میانگین مربعات درجه روز- رشد تجمعی Mean square of growth degree day				
			کاشت تا آغاز گلدهی Initial) (flowering	کاشت تا ۵۰٪ گلدهی (Planting to 50% flowering)	کاشت تا۱۰۰٪ گلدهی (Planting to 100% flowering)	کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی maturity) Planting to (physiological		کاشت تا آغاز گلدهی Planting to) initial (flowering	کاشت تا ۵۰٪ گلدهی (Planting to 50% flowering)	کاشت تا۱۰۰٪ گلدهی (Planting to (100% flowering	کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی maturity) Planting to (physiological
تکرار (Replication)	3	10533.58. ns	0.15 ns	0.36 ns	0.45 ns	0.81 ns		55.79 ns	144.40 ns	187.72 ns	387.34 ns	
آبیاری (A) (Irrigation)	3	3388327.28**	0.23 ns	0.13 ns	24.89**	396.12**		87.89 ns	53.36 ns	10180.03**	188346.77**	
خطای آبیاری (Ea)	9	2345.13	0.51	0.80	2.22	0.50		112.40	85.67	909.39	239.25	
ژنوتیپ(B) (Genotype)	2	1293344.86**	506.33**	464.17**	503.60**	1484.34**		188703.26**	181973.77**	205927.96**	705759.09**	
(A) ×(B)	6	8921.72**	0.32 ns	0.17 ns	0.18 ns	5.87**		120.26 ns	68.30 ns	73.91 ns	2792.62**	
خطای ژنوتیپ (Eb)	24	1016.24	0.30	0.21	0.15	0.21		78.78	39.20	64.29	143.79	

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

ns,* and ** are no-Significant, Significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

جدول٤- مقایسه میانگین تعداد روز و درجه روز- رشد تجمعی از کاشت تا مراحل مختلف نموی و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره تحت تأثیر قطع آبیاری

Table 4- Mean comparison of number of days and growth degree days (GDD) from planting to different plant growth developmealnt stages and seed yield in spring safflower genotypes under disruption irrigation conditions

عوامل آزمایشی Treatments	عملکرد دانه Seed yield	آغاز گلدهی (Initial flowering)		۵۰ ٪ گلدهی (50% flowering)		۱۰۰ ٪گلدهی (100% flowering)		رسیدگی فیزیولوژیک (Physiological maturity)	
		تعداد روز Day	درجه روز رشد تجمعی GDD	تعداد روز Day	درجه روز رشد تجمعی GDD	تعداد روز Day	درجه روز رشد تجمعی GDD	تعداد روز Day	درجه روز رشد تجمعی GDD
قطع آبیاری (Diruption irrigation)									
آبیاری کامل (Full irrigation)	2401.96 a	58.86 a	1135.94 a	64.55 a	1278.25 a	70.51 a	1425.94 a	101 a	2202.33 a
آبیاری تا دانه‌بندی (Irri. until grain filling)	2159.39 b	59.06 a	1140.28 a	64.30 a	1273.14 a	70.13 a	1418.19 a	98.46 b	2147.09 b
آبیاری تا گلدهی (Irri. until flowering)	1658.89 c	59.13 a	1141.57 a	64.40 a	1275.12 a	69.57 a	1406.90 a	94.11 c	2052.23 c
آبیاری تا تکمه‌دهی (Irri. Until heading-bud)	1209.37 d	59.14 a	1141.73 a	64.40 a	1275.12 a	67.30 b	1360.90 b	87.87 d	1916.13 d
ژنوتیپ (Genotype)									
IL111	1548.86 c	52.61 c	1015.80 c	58.31 c	1154.11 c	63.16 c	1277.23 c	84.35 c	1839.27 c
اصفهان۲۸ (Isfahan28)	1914.54 b	61.44 b	1186.17 b	66.40 b	1314.84 b	70.91 b	1434.07 b	99.53 b	2170.44 b
محلی اصفهان (Isfahan Mahali)	2108.81 a	63.07 a	1217.66 a	68.52 a	1356.79 a	74.06 a	1497.64 a	102.20 a	2228.63 a

مقایسه میانگین با استفاده از آزمون FLSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شده است.

Mean comparesion has been done by FLSD test (P = 0.05).

جدول۵- مقایسه میانگین تعداد روز و درجه روز-رشد تجمعی از آغاز گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره تحت شرایط قطع آبیاری

Table 5- Mean comparison of number of days and GDD of initial flowering to physiological ripen and seed yield in spring safflower genotypes under disruption irrigation conditions

آبیاری Irrigation regimes	ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه Seed yield	مرحله نموی گیاه (Stage of plant development)							
			آغاز گلدهی Initial flowering		۵۰ ٪ گلدهی 50% flowering		۱۰۰ ٪گلدهی 100% flowering		رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity	
			تعداد روز (Days)	درجه روز رشد تجمعی (GDD)	تعداد روز (Days)	درجه روز رشد تجمعی (GDD)	تعداد روز (Days)	درجه روز رشد تجمعی (GDD)	تعداد روز (Days)	درجه روز رشد تجمعی (GDD)
آبیاری کامل Full irrigation	IL111	2119.77 d	52.3 c	1010.13 c	58.3 c	1154.83 c	64.4 d	1302.26 d	90.6 h	1976.6 h
	Isfahan28	2435.26 b	61.1 b	1180.50 b	66.7 b	1320.66 b	72.0 b	1453.92 b	104.8 b	2285.7 b
	Mahali Isfahan	2650.84 a	63.0 a	1217.18 a	68.7 a	1359.27 a	75.3 a	1521.66 a	107.5 a	2344.6 a
آبیاری تا دانه‌بندی Irri. until grain filling	IL111	1777.05 f	52.5 c	1011.58 c	58.0 c	1148.40 c	64.0 d	1293.16 d	88.0 i	1919.4 i
	Isfahan28	2260.82 c	61.5 b	1187.74 b	66.4 b	1314.22 b	71.5 b	1445.83 b	102.2 c	2230.1 c
	Mahali Isfahan	2440.32 b	63.2 a	1221.52 a	68.5 a	1356.79 a	75.0 a	1515.59 a	105.1 b	2291.7 b
آبیاری تا گلدهی Irri. until flowering	IL111	1349.55 h	52.0 c	1022.68 c	58.6 c	1159.78 c	63.2 de	1277.92 de	83.9 j	1830.0 j
	Isfahan28	1708.96 f	61.2 b	1182.91 b	66.1 b	1309.27 b	71.2 bc	1439.26 bc	97.6 e	2129.8 e
	Mahali Isfahan	1918.17 e	63.2 a	1219.11 a	68.5 a	1356.30 a	74.4 a	1503.46 a	100.7 d	2196.8 d
آبیاری تا تکمه‌دهی Irri. Until heading-bud	IL111	949.08 j	52.8 c	1018.82 c	58.4 c	1155.82 c	61.1 e	1235.52 e	74.8 k	1631.0 k
	Isfahan28	1253.11 i	61.8 b	1193.53 b	66.4 b	1315.21 b	69.1 c	1397.30 c	93.3 g	2036.0 g
	Mahali Isfahan	1425.93 g	62.8 a	1212.84 a	68.5 a	1354.81 a	71.7 b	1449.87 b	95.4 f	2081.3 f

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند..

Mean within each column followed by the same letters are not ssignificantly different based on FLSD (α = 0.05).

جدول۶- ضرایب همبستگی بین مراحل نموی و عملکرد دانه در گلرنگ بهاره

Table 6- Correlation between plant developmental stages and seed yield in spring safflower

متغیر (S.O.V)	کاشت تا سبز شدن سبزشدن Planting to emergence	کاشت تا ساقه دهی ساقه‌دهی Planting to stemming	کاشت تا تکمه‌دهی Planting to Heading-bud	کاشت تا آغاز گلدهی Planting to Initial flowering	کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی Planting to 50% flowering	کاشت تا ۱۰۰ درصد گلدهی Planting to 100% flowering	کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی Planting to physiological maturity	عملکرد دانه Seed yield
کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	1							
کاشت تا ساقه دهی Planting to stemming	0.95**	1						
کاشت تا تکمه‌دهی Planting to Heading-bud	0.97**	0.94**	1					
کاشت تا آغاز گلدهی Planting to Initial flowering	0.96**	0.98**	0.94**	1				
کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی Planting to 50% flowering	0.96**	0.99**	0.96**	0.98**	1			
کاشت تا ۱۰۰ درصد گلدهی Planting to 100% flowering	0.92**	0.92**	0.92**	0.93**	0.93**	1		
کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی Planting to physiological maturity	0.80**	0.82**	0.80**	0.82**	0.83**	0.91**	1	
عملکرد دانه Seed yield	0.32*	0.31*	0.33*	0.30*	0.33*	0.53*	0.76**	1

* و ** به ترتیب نشانگر معنی‌داری اثر عامل آزمایشی در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

* and ** are Significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

اثر متقابل قطع آبیاری و ژنوتیپ نیز بر تعداد روز و درجه روز- رشد تجمعی از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). معنی‌داری این اثر متقابل بیانگر عکس-العمل متفاوت سه ژنوتیپ گلرنگ به سطوح مختلف قطع آبیاری است. به طوری که دوره رشد در ژنوتیپ محلی اصفهان تحت شرایط آبیاری کامل، ۱۰۷/۳ روز و در آبیاری تا تکمه‌دهی، ۹۵/۴ روز بود که ۱۱/۹روز تسریع در رسیدگی در این ژنوتیپ در اثر تنش آبی مشاهده شد (جدول۵). همچنین نتایج نشان داد که در ژنوتیپ اصفهان۲۸ تیمارهای آبیاری تا دانه‌بندی، آبیاری تا گلدهی و آبیاری تا تکمه‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی را به ترتیب ۲/۶، ۷/۲ و ۱۱/۵روز نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش دادند (جدول۵). تنش خشکی بر زودرسی ژنوتیپ IL111 نیز مؤثر بوده و ۱۵/۸روز زودرسی در آبیاری تا تکمه‌دهی نسبت به آبیاری کامل را موجب شد (جدول۵). به نظر می‌رسد قطع آبیاری از طریق ایجاد تنش خشکی و درکنار آن تشدید تنش گرمایی موجود در این زمان باعث تسریع مراحل تکامل گل‌ها و رسیدگی شده که این نتیجه مطابق با نتایج هاشمی دزفولی (Hashemi Dezfouli, 1994i)، طاووسی (Tavusi, 2007)، نادری و همکاران (Naderi et al., 2004) و عبل (Abel, 1976) می‌باشد.

تغییرات میزان تجمع ماده خشک[1] (DMA)

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 (Terlestkaya, 2000 و Iramki, 2000). نیلسون و اورکو (Nilsen& Ourcu, 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 (Iramki, 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 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. 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 (شکل۱-ب) و فصل رشد طولانی‌تر این رقم نسبت به دو رقم دیگر می‌باشد.

تغییرات شاخص سطح برگ (LAI)

شاخص سطح برگ با گذشت زمان به دلیل تولید برگ‌های جدید و افزایش سطح برگ در تمام تیمارهای آبیاری افزایش یافت، اما پس از رسیدن به یک حد معین شروع به کاهش نمود که میزان کاهش بسته به مدت زمان قطع آبیاری، متفاوت بود (شکل۱-الف). در شرایط آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی LAI نسبت به سه تیمار دیگر، زودتر به نقطه اوج خود رسید(شکل۱-الف)، زیرا در اثر قطع آبیاری زود هنگام کاهش در تعداد و سرعت رشد شاخه‌های ثانویه مشاهده شد و در نتیجه تعداد و سطح برگ در این تیمار کاهش یافت. با وجود این که LAI پس از رسیدن به اوج خود شروع به افت می‌کند (Karimi & Azizi, 1994)، ولی این افت با افزایش مدت زمان قطع آبیاری، شدیدتر شد، زیرا کمبود آب تسریع در پیری برگ و پدیده زودرسی را در پی داشت که به سبب آن برگ‌های پیر به میزان قابل توجهی ریزش کردند به طوری که در بعضی بوته‌ها فقط جوانترین برگ‌ها در نقطه انتهایی ساقه باقی ماندند و در نتیجه تعداد و سطح برگ از حد طبیعی کمتر شد (شکل۱-الف). این پدیده که تنظیم سطح برگ نامیده می‌شود، مکانیزمی است که توسط آن سطح برگ و تعرق در شرایط محدودیت رطوبت، کاهش می‌یابد (Emam & Zavare,2005). ترنر و راوسون (Turner & Rawson, 1982) نیز طی آزمایشی نتیجه گرفتند که تعداد برگ در آفتابگردان‌های تحت تنش خشکی کمتر از شرایط بدون تنش بود و سطح برگ نیز با افزایش تعداد دفعات آبیاری افزایش یافت. به طور کلی سطح برگ در شرایط کمبود آب کاهش پیدا می‌کند، زیرا در شروع تنش آب و با کاهش میزان آب گیاه، سلول‌ها چروکیده شده و دیواره سلولی سست می‌شود و کاهش حجم سلول باعث فشار هیدروستاتیک و یا پتانسیل فشاری کمتر می‌شود. هرچه تلفات آب و انقباض سلول‌ها بیشتر شود، غلظت محلول سلول‌ها بیشتر شده و غشای پلاسما به علت اینکه سطح کوچکتری را نسبت به قبل پوشش می‌دهد، ضخیم‌تر و فشرده‌تر می‌شود. به علت اینکه کاهش پتانسیل فشاری اولین اثر مهم

1- Dry Matter Accumulation

بیوفیزیکی تنش آب است، به نظر می‌رسد فعالیت‌های وابسته به پتانسیل فشاری، حساسترین واکنش‌ها نسبت به کمبود آب هستند (Taiz & Ziger, 1991) که در این رابطه به رشد سلول که شامل دو فرآیند تقسیم و بزرگ شدن سلول است می‌توان اشاره کرد. البته میزان تأثیر تنش بر رشد سلول بیشتر است، زیرا تا زمانی که سلولی به اندازه کافی رشد نکند، فرآیند تقسیم انجام نخواهد شد که در نهایت ممانعت از رشد سلولی، منجر به کاهش سطح برگ می‌شود و به همین دلیل کاهش سطح برگ، اولین واکنش گیاه به کمبود آب است (Taiz, & Ziger, 1991). در بین ارقام نیز رقم محلی اصفهان بیشترین میزان شاخص سطح برگ را در طول فصل رشد دارا بود (شکل۱–ب) که از جمله دلایل شاخص سطح برگ بیشتر در این رقم می‌توان به ارتفاع، تعداد شاخه اولیه و ثانویه بیشتر و نیز دوره رشد طولانی‌تر نسبت به دو رقم دیگر اشاره کرد.

تغییرات سرعت رشد محصول (CGR)

سرعت رشد محصول تا مرحله گلدهی روند افزایشی و بعد از آن روند نزولی به خود گرفت (شکل۱–الف). افزایش CGR در ابتدای فصل رشد به زیاد شدن سطح برگ نسبت داده شده و مقدار آن در مرحله‌ای که LAI حداکثر است، بیشترین می‌باشد (شکل۱–الف)، زیرا برگ‌ها عامل اصلی فتوسنتز و افزایش ماده خشک در واحد سطح هستند (Karimi & Azizi, 1994). با قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد زایشی، CGR به شدت تحت تأثیر قرار گرفت (شکل۳–الف). به این ترتیب که در تیمار آبیاری تا تکمه‌دهی نسبت به سه تیمار دیگر، نقطه اوج CGR زودتر اتفاق افتاد (شکل۳–الف) که با توجه به رابطه منطقی و مستقیم بین LAI و CGR (Karimi & Azizi, 1994; Koocheki & Sarmadnia, 2000)، این نتایج با نتایج به دست آمده برای LAI مطابقت دارد و نشان می‌دهد، تنش خشکی با اثر بر روی توسعه و تداوم برگ‌ها، تولید ماده خشک و سرعت رشد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. CGR در سه تیمار آبیاری کامل، آبیاری تا مرحله دانه‌بندی و آبیاری تا مرحله گلدهی پس از رسیدن به نقطه اوج خود در درجه روز– رشد تجمعی۱۱۶۰ افت کرد ولی در تیمار آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی شروع افت CGR در درجه روز رشد تجمعی۹۰۸ اتفاق افتاد. به نظر می‌رسد گیاه تحت کمبود شدید آب قبل از این که به حداکثر رشد خود برسد برای کاهش تبخیر و تعرق اقدام به ریزش برگ‌ها می‌کند و به این ترتیب بخشی از سطح سبز خود را از دست می‌دهد. بعلاوه کاهش سرعت رشد محصول را تا مرز صفر، می‌توان به علت کاهش فتوسنتز خالص و مصرف کربوهیدرات‌ها در مسیر تنفس نسبت داد (Karimi & Azizi, 1994). بین ارقام گلرنگ بهاره از لحاظ CGR تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (شکل۱–ب). به طوری که ارقام محلی اصفهان و IL111 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین CGR در نقطه اوج خود بودند (شکل۱–ب). همانطور که قبلاً بیان شد، رقم محلی اصفهان، LAIو توسعه سطح برگ بهتری از دو رقم دیگر داشت (شکل۱–ب) و با توجه به رابطه مستقیمی که بین LAI و CGR وجود دارد (Karimi & Azizi, 1994; Koocheki & Sarmadnia, 2000)، می‌توان چنین نتیجه گرفت که این رقم با حفظ سطح برگ خود توانایی بیشتری برای رسیدن به حداکثر CGR از خود نشان می‌دهد، زیرا با دریافت تشعشع بهتر، کربوهیدرات بیشتری را می‌سازد.

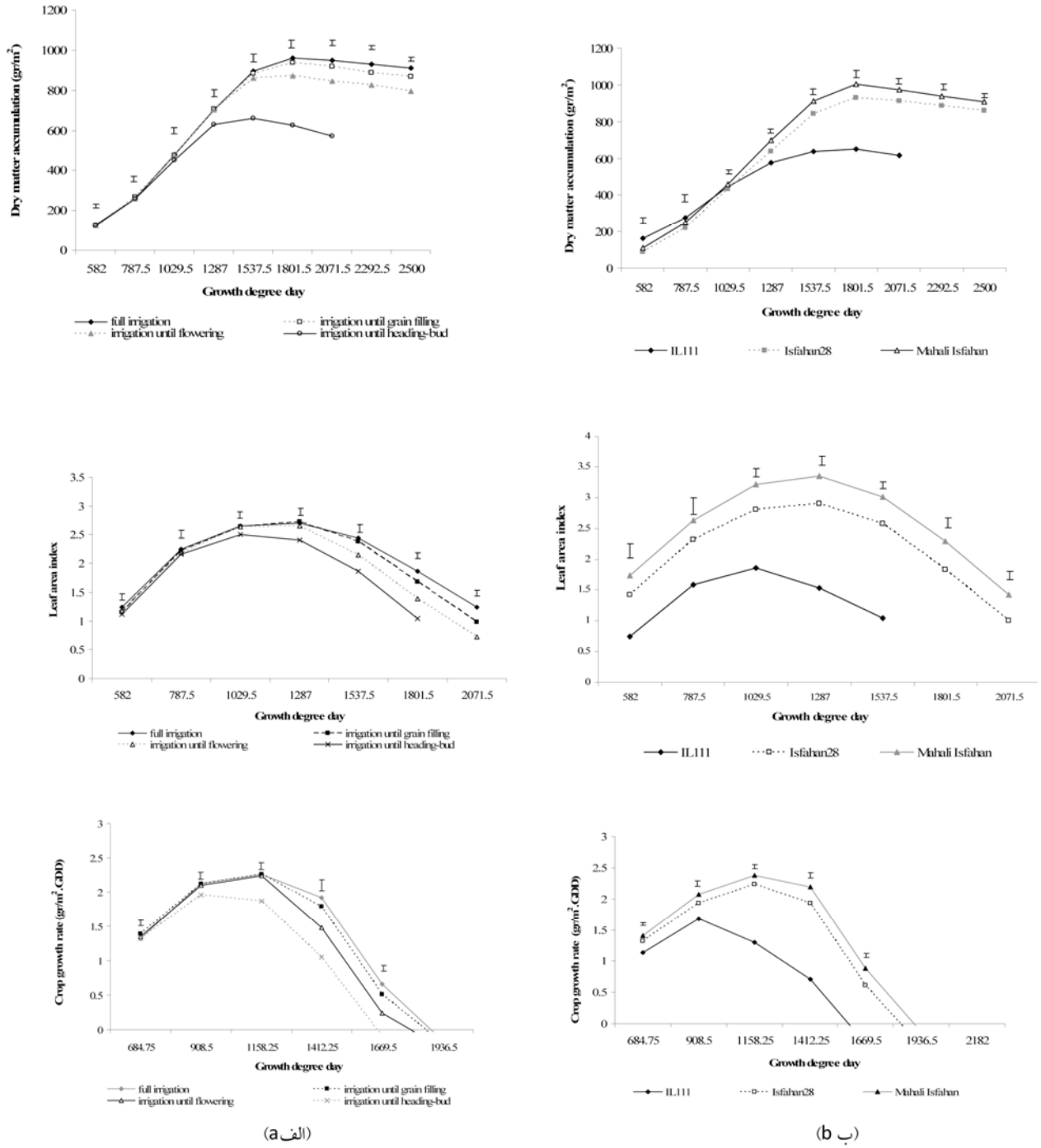
عملکرد دانه

بین ارقام تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه در هکتار وجود داشت (جدول۳) بیشترین و کمترین عملکرد دانه در واحد سطح به ترتیب در ارقام محلی اصفهان و IL111 مشاهده شد (جدول۲). در مطالعه یساری و همکاران (Yasari et al., 2005) و بهدانی و جامی الاحمدی (Behdani & Jami Al-Ahmadi, 2008) نیز تفاوت‌های معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه در واحد سطح بین ژنوتیپ‌های گلرنگ گزارش شده است.

در این بررسی بین عملکرد و تمامی مراحل مختلف نموی همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد (جدول۶). به طوری که بالاترین عملکرد دانه در ژنوتیپ محلی اصفهان که از بیشترین طول دوره رشد و در نتیجه بالاترین شاخص‌های رشدی برخوردار بود، مشاهده شد (جداول۴و۵ و شکل۱–ب). ژنگ و همکاران (Zheng et al., 1996) بیان کردند بین عملکرد و مراحل نمو همبستگی مثبت وجود دارد. آنها با بررسی طول مرحله گلدهی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ بهاره گزارش کردند که بین طول دوره گلدهی و عملکرد رابطه معنی‌دار و مثبت وجود دارد. پاندیا و همکاران (Pandya et al., 1996) نیز با بررسی ۱۰۰ لاین گلرنگ در هندوستان بین عملکرد بوته با تعداد روز تا ۷۵ درصد رسیدگی همبستگی مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. یوری (Urie, 1967) نیز همبستگی مثبت بین دوره پر شدن دانه و سرعت تجمع ماده خشک در دانه و تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در این مورد را مشاهده کردند.

بین سطوح قطع آبیاری از نظر عملکرد دانه، اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت (جدول۳). بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل مشاهده شد (جدول۴). موجنسن و تالودکر (Mogensen & Talukder, 1987) که بر روی عملکرد دانه گندم در شرایط کم آبی تحقیق نمودند، گزارش کردند که در تیمار شاهد (آبیاری شده)، طول دوره پر شدن دانه یک هفته بیشتر از تیمارهای تنش بود که در نتیجه موجب افزایش عملکرد شد. میزان عملکرد دانه در آبیاری تا مرحله دانه‌بندی، آبیاری تا مرحله گلدهی و آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب، ۱۰، ۳۰/۹ و

۵۰/۳ درصد کاهش یافت (جدول۴).



شکل۱- تغییرات تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول نسبت به درجه روز- رشد تجمعی تحت تأثیر سطوح مختلف قطع آبیاری (الف) و ژنوتیپ (ب) در گلرنگ بهاره

Fig. 1- Trend of dry matter accumulation, leaf area index and crop growth rate of spring safflower under different levels of disruption irrigation (a) and genotypes (b)

کاهش عملکرد دانه در شرایط آبیاری محدود را می‌توان به اثر کمبود آب ناشی از قطع آبیاری، که با تسریع پیری و کاهش طول دوره رشد و پر شدن دانه گیاه همراه است (جدول۴) نسبت داد (Clavel et al., 2005). نتایج برخی دیگر از مطالعات (Hang & Evans, 1985; Naderi et al., 2004; Tavusi, 2007) نشان داد که تنش خشکی باعث گلدهی زودتر، رسیدگی سریعتر و کاهش عملکرد در گلرنگ شد. اثر متقابل قطع آبیاری و ژنوتیپ نیز بر روی عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول۳). در هر سه ژنوتیپ تنش تأثیر منفی و معنی‌داری بر عملکرد دانه در واحد سطح داشت و بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و در ژنوتیپ محلی اصفهان و کمترین نیز در شرایط آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی و در ژنوتیپ IL111 مشاهده شد (جدول۵).

در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد کوتاه نمودن دوره رشد یکی از راه‌های اجتناب از خشکی توسط گیاهان می‌باشد، اما کاهش شاخص‌های رشدی و میزان عملکرد دانه را در پی دارد. به طور کلی ژنوتیپ‌های بومی از ژنوتیپ‌های اصلاح شده دیررس‌تر هستند و در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز ژنوتیپ محلی اصفهان دارای بیشترین طول فصل رشد بود و این ژنوتیپ به دلیل بومی بودن، خوپذیری بیشتری به شرایط محدودیت آبی در خراسان جنوبی دارد و هر چه دیرتر در طی فصل رشد با تنش خشکی مواجه شود، عملکرد آن کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بعلاوه در هر سه ژنوتیپ بیشترین کاهش در صفات مورد اندازه‌گیری تحت شرایط آبیاری تا مرحله تکمه‌دهی مشاهده شد که مشخص گردید این مرحله نموی در گلرنگ بسیار حساس به کمبود آب می‌باشد و با انجام آبیاری در این مرحله می‌توان عمکرد نهایی را به طور قابل توجهی افزایش داد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای دکتر محمد کافی که در امر اجرای آزمایش رهنمودهای سازنده و ارزنده‌ای نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

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- Bagheri, M. 1995. Effects of planting date on yield and components yield of safflower cultivar. MSc. Thesis. Fac. Agric. Azad Islamic University Unit of Khurasghan, Iran. (In Persian with English Summary)
4- Banon, S., Fernandez, J.A., Franco, J.A., Torrecilas, A., Alarcon, J.J., and Sanchez- Blanco, M.J. 2004. Effects of water stress and night temperature preconditioning on water relation and anatomical change of *Lotus creticus* Plants. Science Horticulture 101: 333- 342.
5- 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)
6- Dadashi, N., and Khajepure, M.R. 2004. Effects of planting date and genotype on components yield and safflower yield in Isfahan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Source 8 (3):95-111. (In Persian with English Summary)
7- Emam, E., and Zavareh, M. 2005. Tolerate of drought in plants. Tehran University Publisher. 107-108.
8- Farid, N. and Ehsanzadeh, P. 2006. Yield and components yield of safflower genotypes and their response to shading treatment on heading and near leaves in spring planting condition in Isfahan. Agricultural Science and Natural Source 10: 189-198. (In Persian with English Summary)
9- Haedarizadeh, P., and Khajepure, M.R. 2007.Response of safflower genotypes to planting date. Journal of Sciences and Methods of Natural Resources 42: 69-80. (In Persian with English Summary)
10- Hang, A.N., and Evans, D.W. 1985. Deficit sprinkler irrigation of sunflower and safflower. Agronomy Journal 77: 588-592.
11- Hashemi Dezfouli, A. 1994. Growth and yield of safflower as affected by drought stress. Crop Research Hisar 7 (3): 313-319.
12- Hill, A.B., and Knowles, P.F. 1968. Fatty acid composition of the oil of development seed of different varieties of safflower. Crop Science 8: 273-277.
13- Iramki, S.D., Haman, D.Z., and Bastug, R. 2000. Determination of crop water stress indexfor irrigation timing and yield estimation of corn. Agronomy Journal 92: 1221-1234.
14- Karimi, M., and Azizi, M. 1994. Growth Analyzes of Crop Plants. Jahadeh Daneshgahi Publisher, Mashhad. (In Persian)
15- Koocheki, A.R., and Sarmadnia, G. 2000. Crop Plants Physiology. Jahadeh Daneshgahi Publisher, Mashhad. (In

Persian)
16- Levitt, J. 1980. Response of plants to environmental stresses. Vol. 2. Water, Radiation, Salt and otherstresses. Academic Press. Pp. 697.
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- Mogensen, V.O., and Talukder, M.S.V. 1987. Grain yield of spring wheat in relation to water stress 2. Growth rate of grains during drought. Cereal Research Communications 15: 247-253.
19- Mundel, H.H., Morrison, R.J., Blackshaw, R.E., Entz, T., Roth, B.T., Gaudiel, R. and Kiehn, F. 1994. Seedling - date effects on yield, quality and maturity of safflower. Canadian Journal of Plant Science 74: 261-266.
20- Naderi, M.R., Nurmohammadi, G., Majidi, A., Darvish, F., and Shirani rad, A.H. 2004. Response of three summer safflower to different intensities drought stress. Journal of Agriculture Sciences 4: 3-14. (In Persian with English Summary)
21- 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.
22- Ourcut, D., and Nilsen, E.T. 2000. Salinity and drought stress. In Physiology of Plants under Stress. KA/PP. pp: 177-235.
23- Pandya, N.K., Gupta, S.C., and Nagda, A.K. 1996. Path analysis of some yield contributing traits in safflower. Crop Research Hisar 11: 313-318.
24- Passioura, J.B. 1996. Drought and drought tolerance. Plant and growth regulation 20: 79-83.
25- Rawson, H.M., and Turner, N.C. 1982. Recovery from water stress in five sunflower cultivars. I. Effect of the timing of water application on leaf area and seed production. Australian Journal of Plant Physiology 9: 437-443.
26- Taiz, L., and Ziger, E. 1991. Plant physiology. The Benjamin Cumming Publishing Company PP: 346- 356.
27- Tavakoli, A. 2002. Evaluation of the effect of irrigation disruption in different growth stages on yield and components yield safflower plant. MSc. Thesis. Fac. Agric. Tehran Univ., Iran. (In Persian with English Summary)
28- Tavusi, M. 2007. Evaluation of effects of intervals irrigation on yield and seed oil content of spring safflower cultivar in Isfahan region. MSc. Thesis. Azad Islamic University Unit of Khurasghan, Iran. (In Persian with English Summary)
29- Terlestkaya, N. 2000. Water stress. American Society of Plant Biologist.
30- Turmer, N.C., and Sorbado, M.A. 1987. Photosyntesis dry matter accumulation and distribution in the wild sunflower as influenced by water deficits. Field Crops Research 44: 435-442.
31- Urie, A.L., Leinnger, L.N., and Zimmer, D.E. 1967. Development of safflower seed as influenced by wind rowing, varieties and season. Crop Science 7: 584-587.
32- Yasari, T., Shasavari, M.R., Barzegar, A.B., and Omidi, A.H. 2005.Study of growth stages and relation between it with seed yield in 10 genotypes of safflower. Journal of Pajouhesh & Sazandegi in Agriculture and Horticulture. 68: 75-83. (In Persian with English Summary)
33- Zand, A. 1995. Basic of morphological and physiological of different yield in safflower. MSc. Thesis. Ferdosi University, Iran. (In Persian with English Summary)
34- Zheng, N., Futang, C., Xinchun, S., and Yanaci, W. 1993. Path analysis of correlated characters on flower yield of safflower. Third International Safflower Conf., Bijing, China. 582- 588 pp.