

ویژگی‌های رشد، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و میزان روغن سه رقم گلرنگ تحت تنش خشکی در همدان

معصومه شالچی^۱، علی سپهری^۲، گودرز احمدوند^۲

چکیده

گلرنگ یکی از مهم‌ترین گیاهان در تناوب‌های زراعی و پایدار کننده اقتصاد تولید در سیستم‌های کشاورزی مناطق نیمه خشک می‌باشد. گرچه عملکرد پایین این گیاه سبب کاهش رقابت آن با سایر گیاهان زراعی شده است، ولی شناخت اختلاف میان ارقام کم بازده و پر بازده تحت تنش خشکی می‌تواند گام اساسی در افزایش تولید این گیاه باشد. این پژوهش در مزرعه پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۸۵ اجرا شد. از سه رقم گلرنگ بهاره شامل PI، IL-111 و بومی اصفهان تحت تنش خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی استفاده گردید. پارامترهای رشد شامل تجمع ماده خشک (TDW)، سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسب (RGR)، سرعت جذب و تحلیل خالص (NAR)، شاخص سطح برگ (LAI) و سایر خصوصیات رشد گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. بیشترین طول دوره رشد در رقم اصفهان و کمترین آن در رقم IL-111 تحت تنش کمبود آب مشاهده شد. شاخص سطح برگ در ارقام مختلف با کاهش دستیابی به آب کاهش یافت، ولی مقدار کاهش برای تمام تیمارها یکسان نبود. حداکثر ماده خشک کل و سرعت رشد نسبی در رقم PI ملاحظه شد. هم‌چنین بیشترین سرعت فتوسنتز خالص مربوط به رقم PI بود. اختلاف معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، درصد روغن، عملکرد روغن و شاخص برداشت سه رقم مورد بررسی در سطوح مختلف تنش رطوبتی وجود داشت. کم‌ترین زیست توده و عملکرد دانه متعلق به گیاهان تنش دیده در مراحل رشد رویشی و یا زایشی بود. تنش کمبود آب در مراحل رشد رویشی و زایشی به ترتیب ۲۰/۷ و ۳۱/۲۸ درصد عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد کاهش داد. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن در PI و IL-III در شرایط بدون تنش حاصل شد. درصد روغن و عملکرد روغن رقم IL-III تحت تنش رطوبتی در دوران رویشی و زایشی به شدت کاهش یافت. تحت تنش رویشی بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن متعلق به رقم PI بود.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، اجزای عملکرد، تنش خشکی، عملکرد دانه، عملکرد روغن

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

۲. استادیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

مقدمه

عملکرد دانه و روغن یکی از مهم‌ترین اهداف کشت گلرنگ است که در سال‌های اخیر با اصلاح ارقام پر محصول رو به افزایش بوده است. سینگ و استوسکوپ (۱۹۷۱) گزارش نموده‌اند عملکرد دانه با شاخص برداشت همبستگی مثبت دارد. برادران و زینالی (۱۳۷۵) به همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص برداشت تاکید کردند. نادری و همکاران (۱۳۸۴) خاطر نشان کردند که تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت شده و بالاترین شاخص برداشت به میزان ۳۰/۸۶ درصد را طی تنش خشکی گزارش نمودند. مجد نصیری (۱۳۸۱) علت افزایش شاخص برداشت در کشت تابستانه گلرنگ را به دلیل کاهش دوره رشد و گل‌دهی زودتر گیاه در شرایط دمای بالای تابستان عنوان نمود. بنا به گزارش نادری و همکاران (۱۳۸۴) گرچه عملکرد بالای دانه و روغن در گلرنگ تحت شرایط رطوبتی کافی حاصل می‌شود، ولی این گیاه در شدت‌های مختلف تنش خشکی علی‌رغم کاهش رشد، می‌تواند عملکرد قابل قبولی داشته باشد.

لئونارد و فرنچ (۱۹۶۹) اظهار داشتند آبیاری تا اواخر گل‌دهی بیش‌ترین تاثیر را در عملکرد دانه و روغن دارد. هم‌چنین ساینی و وستگیت (۲۰۰۰) بیان کردند گیاهان دانه‌ای مانند گلرنگ، در مرحله تعیین تعداد و وزن دانه نسبت به تنش کمبود آب حساس می‌باشد. این مسئله در مورد لپه هندی (نام و همکاران، ۲۰۰۱) نیز گزارش شده است. هم‌چنین ایل (۱۹۷۶) اظهار داشت گیاه گلرنگ در شرایط خشکی، عملکرد دانه کمتری تولید می‌کند. از آن‌جا که گلرنگ بومی ایران بوده (زینلی، ۱۳۷۸) و در استان همدان تاکنون بر روی ارقام گلرنگ پژوهش‌های جامعی صورت نگرفته است، این تحقیق به منظور ارزیابی واکنش ارقام مختلف گلرنگ نسبت به تنش خشکی و بررسی شاخص‌های رشد و رابطه آن‌ها با عملکرد و اجزای عملکرد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در بهار سال ۱۳۸۵ در مزرعه پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. منطقه مورد آزمایش از نظر اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک

گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) به دلیل داشتن خصوصیات مطلوب گیاهی، زراعی، استفاده‌های مختلف صنعتی و کیفیت بالای روغن به عنوان یک گیاه با ارزش شناخته شده است. مقاومت نسبتاً مطلوب به خشکی و شوری، این گیاه را در زمره مهم‌ترین گیاهان تنوع دهنده الگوی کشت و پایدار کننده اقتصاد تولید در مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار داده است. در ایران نیز به دلیل خشک‌سالی‌های اخیر کشت این محصول به عنوان جایگزین مناسب محصولات با نیاز آبی بالا در تناوب زراعی بهاره و تابستانه مورد توجه قرار گرفته است (نادری و همکاران، ۱۳۸۴). از آن‌جا که محدودیت تامین آب یکی از مشکلات عمده رشد و تولید محصولات زراعی ایران محسوب شده و وقوع خشکی در دوره رشد گیاهان زراعی امری اجتناب‌ناپذیر است، بررسی زمان، شدت و مدت دوره تنش کمبود آب بر واکنش‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه بسیار حائز اهمیت بوده و بر رشد، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن گلرنگ تاثیر بسزایی دارد. به گزارش هانگ و ایوانز (۱۹۸۵) تنش کمبود آب از طریق کاهش رنگ برگ‌ها و سپس زردی زودرس آن‌ها سبب کاهش فتوسنتز و شاخص سطح برگ گلرنگ می‌شود. فربودنیا (۱۳۷۴) اظهار داشت اعمال تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و زایشی سبب کاهش ارتفاع، سطح برگ و سرعت رشد نسبی شده و در نهایت کاهش تولید ماده خشک را به دنبال دارد.

تنش کمبود رطوبت با تاثیر بر طول دوره رشد گیاه، مقدار تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی را بسته به زمان و شدت تنش تغییر می‌دهد. سرعت رشد محصول تابعی از شاخص سطح برگ و سرعت فتوسنتز خالص در طول دوره رشد بوده و بسته به شرایط محیطی متفاوت می‌باشد. نادری و همکاران (۱۳۸۴) اثر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در زمان گل‌دهی را معنی‌دار دانسته و اظهار داشتند تنش خشکی باعث افت شدید سطح برگ و در نتیجه کاهش سرعت رشد محصول می‌شود.

$V=H \times S$ $H=(Wfc-Wi)BD \times D/10$
 H = عمق آب آبیاری، Wfc = درصد وزنی رطوبت در
 ظرفیت زراعی، Wi = در صدوزنی رطوبت موجود در
 خاک، BD = وزن مخصوص ظاهری خاک، D = عمق
 توسعه ریشه، S = مساحت کرت، V = حجم آب آبیاری.

میزان آب مورد نیاز هر کرت از طریق کنتور
 حجمی به صورت دقیق اندازه گیری و به هر کرت منتقل
 شد. دمای حداکثر و حداقل روزانه برای تعیین شاخص
 حرارتی توسط ترموگراف ثبت و با استفاده از فرمول زیر
 درجه روز رشد اندازه گیری شد.

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b \right) GDD =$$

 GDD = درجه روز رشد، T_{\max} = حداکثر درجه حرارت
 روزانه هوا با حد بالای ۳۰ درجه سانتی گراد، T_{\min} =
 حداقل دمای روزانه با حد پایینی ۵ درجه سانتی گراد،
 T_b = دمای پایه برابر ۵ درجه سانتی گراد می باشد (زینلی،
 ۱۳۷۸).

به منظور تعیین روند رشد و تجزیه و تحلیل
 شاخص های رشد نمونه برداری در طول فصل رشد از ۲۰
 روز پس از کاشت آغاز و هر ۱۵ روز یک بار تا پایان فصل
 رشد ادامه یافت. نمونه برداری پس از حذف نیم متر از
 ابتدا و انتهای هر خط و همچنین حذف دو خط کناری
 انجام و در هر بار نمونه برداری ۵ بوته برداشت شد.
 بوته های برداشت شده بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و
 پس از تعیین سطح برگ، اندام هوایی تفکیک و در درجه
 حرارت ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون
 خشک و سپس توزین گردید.

برای تعیین شاخص های رشد
 (NAR , RGR , CGR) بهترین معادلاتی که روند
 تغییرات وزن خشک کل و شاخص سطح برگ را نسبت
 به زمان نشان می دهند از روش رگرسیون با کمک نرم
 افزار SAS محاسبه گردید. صفات زراعی شامل وزن
 خشک برگ، ساقه، طبق، تعداد ساقه های فرعی، سطح
 برگ در طول دوره رشد اندازه گیری شد. به منظور تعیین
 عملکرد و اجزاء عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از
 ردیف های میانی هر کرت در هنگام رسیدگی
 فیزیولوژیک یعنی هنگام پیدایش آثار زردی در ۷۵٪
 طبق های موجود (خواجه پور، ۱۳۸۳) استفاده شد.

محسوب شده و میانگین دراز مدت بارندگی سالیانه آن
 ۳۲۵ میلی متر می باشد. میانگین درجه حرارت در
 گرم ترین ماه سال ۲۴/۵ درجه سانتی گراد است. خاک
 مزرعه مورد آزمایش دارای بافت لوم رسی با اسیدیته
 ۷/۲ بود. این آزمایش با رقم بومی اصفهان و لاین های
 IL-111 و PI واقع شده در کرت های فرعی به صورت
 کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل
 تصادفی و ۳ سطح رطوبتی شامل تنش رویشی (قطع
 آبیاری در مرحله رشد رویشی)، تنش زایشی (قطع
 آبیاری در مرحله رشد زایشی) و بدون تنش (شاهد) در
 کرت های اصلی در ۳ تکرار انجام شد. هر کرت آزمایشی
 شامل ۵ ردیف به طول ۴ متر و با فاصله ردیف ۶۰
 سانتی متر بود.

آماده سازی زمین شامل شخم متوسط و دو
 مرحله دیسک عمود بر هم بود. به منظور تامین فسفر و
 نیتروژن مورد نیاز گیاه بر اساس آزمون خاک معادل
 ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیم قبل از کاشت با
 دیسک عمیق با خاک کاملاً مخلوط گردید. هم چنین
 معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک
 در اوایل مرحله ساقه رفتن به گیاه داده شد. کاشت به
 صورت جوی و پشته در تاریخ ۱۵ فروردین ماه انجام و
 پس از استقرار کامل گیاهچه ها فاصله بوته ها روی ردیف
 ۱۰ سانتی متر تنظیم گردید. بنابراین تعداد بوته ها در
 مترمربع ۱۶/۶ تنظیم شد. مبارزه با علف های هرز به
 صورت دستی انجام شد. در مرحله غنچه دهی برای
 مبارزه با مگس گلرنگ (*Acanthophilus helianthi* R.)
 از سم دیازینون با غلظت یک در هزار استفاده شد. اعمال
 تنش رویشی به صورت قطع آبیاری در این مرحله، از
 زمان ساقه رفتن تا گل دهی انجام شد و اعمال تنش
 زایشی به صورت قطع آبیاری از گل دهی تا رسیدگی
 فیزیولوژیک بود.

پتانسیل آب خاک در هر مرحله از تنش کمبود
 آب با توجه به منحنی خصوصیات رطوبتی خاک تعیین
 گردید. آبیاری در تیمار بدون تنش، معادل نیاز آبی گیاه
 و به طور کامل انجام شد. در هر بار آبیاری، مقدار آب
 مورد نیاز هر کرت با توجه به تعیین درصد وزنی رطوبت
 خاک توسط نمونه برداری از نقاط هر کرت و با استفاده از
 روابط زیر تعیین گردید.

اعمال تنش رویشی، در ۸۰ روز پس از کاشت به ترتیب ۲۰/۱۲، ۱۴/۵۱ و ۱۹/۳۵ درصد در مقایسه با گیاهان بدون تنش کاهش یافت که نشان دهنده عکس‌العمل بیشتر رقم بومی اصفهان به کاهش آب در مرحله رویشی می‌باشد. نسیمیت و ریچی (۱۹۹۲) نیز گزارش کردند کمبود آب در مرحله رشد رویشی بر گسترش برگ‌ها و توسعه ساقه تاثیر گذاشته و میزان تجمع ماده خشک را در این اندام‌ها به شدت کاهش می‌دهد. در ۱۰۰ روز بعد از کاشت پس از اعمال تنش زایشی (قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی) بیشترین تجمع ماده خشک برای لاین PI معادل ۱۰۷۹/۸۹ گرم در مترمربع و کمترین مقدار برای لاین IL-111 معادل ۹۹۹/۰۸ گرم در مترمربع حاصل شد که در لاین PI کاهشی حدود ۹/۵۳ درصد و لاین IL-111 کاهشی ۱۱/۱۶ درصد را نشان می‌دهد. به دلیل رشد رویشی طولانی‌تر رقم بومی اصفهان تنش زایشی در رقم مذکور تقریباً ده روز دیرتر اعمال شد. علی‌رغم این موضوع تنش زایشی اثر کم‌تری بر کاهش ماده خشک این رقم نسبت به دو رقم قبلی گذاشت، به طوری که تنش زایشی نسبت به شاهد ۹/۳۱ درصد از کل ماده خشک این رقم کاست. این موضوع می‌تواند به دلیل ریزش کم‌تر برگ‌ها و کاهش کمتر وزن خشک در تنش زایشی رقم بومی اصفهان باشد. حداکثر میزان تجمع ماده خشک در هر سه رقم در سطوح مختلف تنش حدود ۱۲۰ تا ۱۳۰ روز پس از کاشت حاصل شد، ولی مقادیر تجمع ماده خشک در ارقام مختلف و سطوح مختلف تنش مقادیر متفاوتی را نشان داد، به طوری که در لاین PI حداکثر میزان تجمع ماده خشک برای تنش رویشی، تنش زایشی و بدون تنش به ترتیب ۱۴۴۵/۹۸، ۱۴۴۲/۱۸، ۱۸۴۳/۷۲ گرم در مترمربع شد. در IL-111 حداکثر میزان تجمع ماده خشک در تنش رویشی، تنش زایشی و بدون تنش به ترتیب برابر ۱۱۰۰/۶۷، ۱۳۱۱/۴۰، ۱۶۲۸/۰۴ گرم در مترمربع و در رقم بومی اصفهان به ترتیب برابر ۱۱۱۸/۱۵، ۱۴۰۸/۸۹، ۱۶۹۳/۵۷ گرم در مترمربع بود. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که حداکثر میزان تجمع ماده خشک در طول فصل رشد را به ترتیب PI، بومی اصفهان و IL-111 تولید کردند. سطح بدون تنش در

رسیدگی فیزیولوژیک در تیمارهای مختلف با توجه به رقم و تنش ایجاد شده متفاوت بوده و از اواخر مرداد ماه تا اوایل شهریور ماه به وقوع پیوست. برای تجزیه‌های آماری و هم‌چنین محاسبه و ترسیم شاخص‌های رشد از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده گردید. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تجمع ماده خشک (TDW)^۱

روند تجمع ماده خشک کل اندام هوایی در ارقام مختلف تحت تنش‌های رویشی و زایشی بر اساس روزهای بعد از کاشت (DAP)^۲ در شکل ۱ ارائه شده است. مناسب‌ترین رابطه‌ای که توانست تغییرات وزن خشک گیاه را برای تیمارهای مختلف در طول فصل رشد بیان نماید: رابطه $TDW = Exp(a + bt + ct^2)$ بود که در آن TDW وزن خشک اندام هوایی، Exp لگاریتم بر پایه طبیعی و t روزهای پس از کاشت است (باتری، ۱۹۸۸؛ هربرت، ۱۹۸۴). تجمع ماده خشک در تمام تیمارها در ابتدا روند کندی داشت و تقریباً تا ۴۰ روز بعد از کاشت و با دریافت ۲۵۹/۵۵ درجه روز رشد این روند در همه ارقام مشابه بود. در زمان مذکور لاین PI با میانگین ۱۹/۹۴ گرم در مترمربع بیش‌ترین تجمع ماده خشک کل را داشت. رقم بومی اصفهان با میانگین ۱۶/۸۳ گرم در مترمربع در آغاز شروع رشد خطی پایین‌ترین میزان تجمع ماده خشک کل را به خود اختصاص داد. در تمام ارقام با شروع رشد خطی روند تجمع ماده خشک تغییر نمود و با اعمال تنش رویشی (قطع آبیاری در مرحله رشد رویشی) در گیاهان تنش دیده تجمع ماده خشک کل روند کاهشی نشان داد. به‌طوری که در ۸۰ روز پس از کاشت میزان تجمع ماده خشک در گیاهان تنش دیده لاین IL-111 و PI به ترتیب ۳۸۴/۷۶ و ۴۲۰/۵۳ گرم در مترمربع و در رقم بومی اصفهان به ۳۸۰/۹۳ گرم در مترمربع رسید. میزان تجمع ماده خشک در IL-111، PI و بومی اصفهان در اثر

1. Total Dry Weight
2. Days After Planting

زمان وقوع بلکه از لحاظ مقدار حداکثر شاخص سطح برگ اختلافات زیادی مشاهده شد که در ارقام مختلف بین ۰/۶۵ تا ۱/۹۲ واحد متفاوت بود. به دنبال تنش زایشی در مرحله گل‌دهی، حدود ۱۰۰ روز بعد از کاشت شاخص سطح برگ در لاین IL-111، PI و رقم بومی اصفهان به ترتیب ۱۴/۸۴، ۱۳/۸۱ و ۱۹/۲۶ درصد در مقایسه با گیاهان کاملاً آبیاری شده کاهش نشان داد. علت این امر را می‌توان زردی برگ‌ها و ریزش سریعتر برگ‌ها در نتیجه اعمال تنش خشکی دانست که در رقم بومی اصفهان زودتر رخ داد. کاهش سطح برگ کانوپی بر اثر تنش خشکی عمدتاً به دلیل کاهش آماس سلولی، اختلال در فتوسنتز و در نتیجه زردی و ریزش زودرس آنها رخ می‌دهد (نادری و همکاران، ۱۳۸۴). هانگ و ایوانز (۱۹۸۵) نیز اعلام داشته‌اند که تنش خشکی به سبب زردی زودرس برگ‌ها و کاهش شاخص سطح برگ در کانوپی گلرنگ می‌گردد. هاشمی دزفولی (۱۹۹۴) نیز نتیجه مشابهی را گزارش نموده است.

سرعت رشد محصول (CGR^۲)

اثر تنش رطوبتی بر روند تغییرات سرعت رشد محصول ارقام مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. در تمام تیمارها روند تجمع ماده خشک تا ۹۰ الی ۱۰۰ روز پس از کاشت، بسته به رقم و نوع تنش افزایشی و سپس روند کاهشی نشان می‌دهد. کاهش CGR معمولاً به دلیل مسن شدن و یا از بین رفتن برگ‌ها اتفاق می‌افتد. در ابتدای فصل رشد (۴۰ روز بعد از کاشت) لاین IL-111 نسبت به سایر ارقام از بیشترین میانگین سرعت رشد محصول برخوردار بود (۲/۴۸ گرم در مترمربع در روز) و کمترین مقدار CGR به لاین PI (۲/۲۸ گرم در مترمربع در روز) اختصاص داشت. به دنبال تنش رویشی در مرحله بعد از ساقه رفتن سرعت رشد محصول کاهش یافت و بیشترین کاهش متعلق به لاین IL-111 معادل ۱۷/۲۴ درصد در مقایسه با بدون تنش بود. از آنجا که سرعت رشد محصول تابع مستقیمی از شاخص سطح برگ و سرعت فتوسنتز خالص است. بنابراین کاهش LAI در اثر تنش کمبود آب موجب کاهش CGR می‌شود، زیرا با کاهش LAI دریافت نور کمتر می‌گردد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۰).

تمامی ارقام مورد بررسی بیش‌ترین تجمع ماده خشک را در طول فصل رشد به خود اختصاص داد. نتایج بسیاری از آزمایش‌ها نشان می‌دهد با افزایش تنش خشکی سطوح فتوسنتز کننده کاهش می‌یابد که این امر تأثیر بسزایی بر روند تجمع ماده خشک دارد. پژوهشگران معتقدند کاهش میزان کربوهیدرات‌ها و کاهش تولید ماده خشک گیاه از اثرات قطعی افزایش تنش خشکی می‌باشد (آگراول و همکاران، ۱۹۸۴؛ کیتینگ و همکاران، ۱۹۸۴). نام و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که تنش رطوبتی در لپه هندی به شدت، وزن خشک کل گیاه و عملکرد آن را کاهش می‌دهد. ترمرو و سابرادو (۱۹۸۷) نیز اظهار داشتند کمبود آب در آفتابگردان میزان فتوسنتز خالص را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا وزن خشک برگ‌ها، ریشه‌ها و ساقه‌ها کاهش می‌یابد.

شاخص سطح برگ (LAI^۱)

میزان سطح برگ در هر پوشش گیاهی به عوامل زیادی بستگی دارد که از مهمترین آنها تاریخ کاشت، تراکم گیاهی، مدیریت‌های زراعی و تنش‌های محیطی بخصوص تنش خشکی است (نادری و همکاران، ۱۳۸۴). روند تغییرات شاخص سطح برگ در شکل ۲ نشان دهنده تغییرات کند اولیه تا حدود ۳۰ روز بعد از کاشت برای کلیه ارقام است. شاخص سطح برگ تا قبل از شروع رشد خطی در رقم بومی اصفهان کمترین مقدار معادل ۰/۰۰۹ و برای IL-111 و PI به ترتیب ۰/۰۱۱ و ۰/۰۱۸ بود. پس از آن روند تقریباً خطی شاخص سطح برگ به دلیل افزایش سریع در تعداد و سطح برگ‌ها آغاز شد. در لاین IL-111 حداکثر شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف تنش، ۹۰ روز بعد از کاشت بدست آمد، ولی اعمال تنش رویشی در لاین PI حدوداً ۱۰ روز زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ را تسریع کرد. در رقم بومی اصفهان نیز حداکثر شاخص سطح برگ در سطوح مختلف تنش ۹۰ روز بعد از کاشت به دست آمد. پس از اعمال تنش رویشی در مرحله بعد از ساقه رفتن، در بین گیاهان تنش دیده و بدون تنش نه تنها از لحاظ

(غیر مریستمی به مریستمی) نسبت داده می‌شود. میزان کاهش سرعت رشد نسبی نشان دهنده میزان سرعت پیری در گیاه است که با شیب RGR به خوبی نمایان می‌باشد. در پایان دوره رشد به علت افت ماده خشک تولیدی در اثر ریزش برگ‌ها مقادیر RGR منفی گردید. آنچه که در شکل‌های مختلف RGR در تیمارهای مختلف مشاهده می‌شود نشان دهنده‌ی آن است که بین تیمار تنش رویشی در ارقام مختلف نسبت به تیمار تنش زایشی تفاوت چندانی در کاهش سرعت نزول RGR مشاهده نمی‌شود، ولی به طور کلی در گیاهان بدون تنش به خصوص در لاین PI کاهش RGR با شیب کمتری صورت گرفته است. با افزایش سن گیاه قسمت عمده‌ی آن از ساختمان بافت‌های فعال گیاهی تحلیل رفته و هم‌چنین برگ‌های تحتانی در سایه قرار گرفته و یا به علت پیری قدرت فتوسنتز خود را از دست می‌دهند و در نتیجه مقدار RGR در طول فصل رشد کاهش می‌یابد (کامرانی، ۱۳۶۷؛ کریمی، ۱۹۹۱). می‌توان بیان کرد در شرایط تنش تسریع در مسن شدن بافتها خصوصاً برگ سبب می‌شود تا کاهش RGR با شیب بیشتری صورت گیرد.

سرعت جذب و تحلیل خالص (NAR^2)

میزان فتوسنتز خالص، نشان دهنده کارایی فتوسنتزی برگ‌ها در گیاه بوده و در زمانی که تمام برگ‌ها در معرض نور کامل قرار دارند بالاترین مقدار را داراست. بنابراین همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود میزان فتوسنتز خالص در ابتدا زیاد است، سپس با افزایش میانگین سن برگ‌ها از کارایی فتوسنتزی برگ کاسته می‌شود. به طوری که حدود ۳۰ روز بعد از کاشت میانگین مقدار NAR در لاین IL-111 ۱۱/۹۹ گرم در مترمربع در روز و در لاین PI ۷/۹۷ گرم در مترمربع در روز و در رقم بومی اصفهان ۱۰/۹۱ گرم در مترمربع در روز بود. گرچه هر دو تنش رویشی و زایشی سبب تسریع در روند کاهش سرعت NAR گردید، ولی تاثیر تنش کمبود آب در مرحله زایشی روی این شاخص بیشتر بوده و در رقم بومی اصفهان این کاهش بیشتر

حداکثر سرعت رشد محصول گیاهان بدون تنش لاین PI، بومی اصفهان، IL-111 به ترتیب ۳۸/۶۶، ۳۶/۹۱، ۳۴/۴۹ گرم در مترمربع در روز بود که در ۱۰۰ پس از کاشت بدست آمد. در تیمار تنش رویشی حداکثر CGR برای لاین PI در ۱۰۰ روز بعد از کاشت حاصل شد که مقدار آن ۲۴/۸۷ گرم بر مترمربع در روز بود، ولی بیشترین مقدار CGR در ۹۰ روز بعد از کاشت در IL-111 و بومی اصفهان به ترتیب ۲۲/۱۳ و ۲۴/۳۳ گرم در مترمربع در روز مشاهده شد. در تیمار تنش زایشی حداکثر مقدار CGR در IL-111، PI و رقم بومی اصفهان به ترتیب ۲۸/۵۵، ۳۱/۲۹ و ۳۰/۳۵ گرم در مترمربع در روز بود. روند کاهش CGR در گیاهان تنش دیده در مرحله زایشی سریعتر و زودتر آغاز شد. کاهش مقادیر CGR پس از ۹۰ تا ۱۰۰ روز پس از کاشت در گیاهان بدون تنش نسبت به سایر تیمارها از شدت کمتری برخوردار بود. به طوری که در IL-111، PI و رقم بومی اصفهان به ترتیب در ۱۲۰ روز پس از کاشت مقادیر CGR معادل ۱۰/۱۱، ۱۵/۳۱، ۹/۶۵ گرم در مترمربع در روز بود. کاهش رشد سلولی و گسترش اندام‌ها به خصوص سطح برگ عامل اصلی در کاهش سرعت رشد محصول می‌باشد. نادری و همکاران (۱۳۸۴) نیز بیان کردند که سرعت رشد محصول بر اثر اعمال تنش خشکی در گیاه گلرنگ کاهش می‌یابد، در این مورد کاهش سطح برگ را می‌توان اصلی‌ترین دلیل این عکس‌العمل دانست. هم‌چنین تاثیر خشکی بر تسریع پیری و کاهش سرعت رشد سایر گیاهان گزارش شده است (خانا چوپرا و همکاران، ۱۹۸۷؛ قاسمی و همکاران، ۱۳۷۶؛ سپهری و همکاران، ۱۳۸۱)

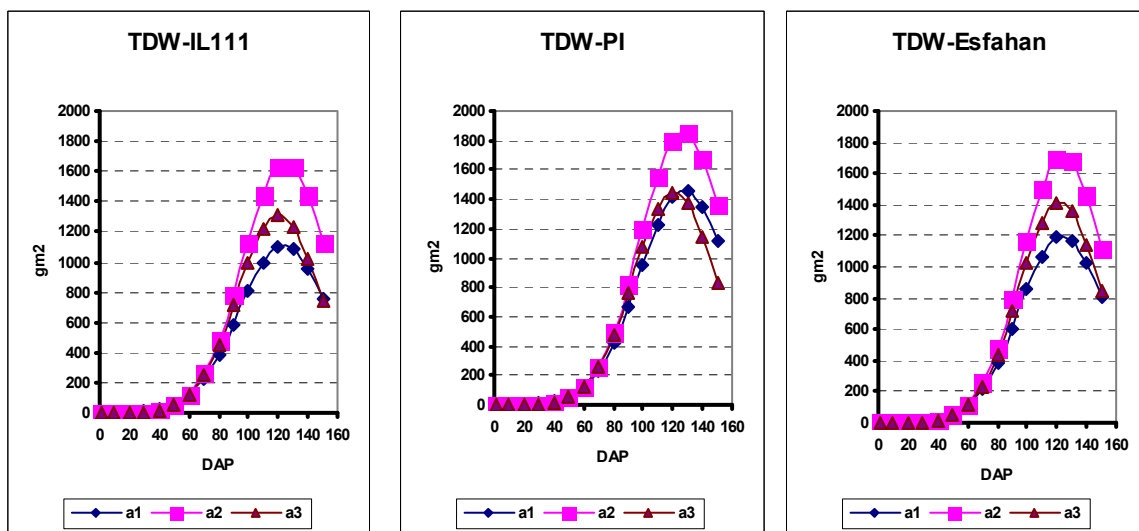
سرعت رشد نسبی (RGR^1)

همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود روند سرعت رشد نسبی در تیمارهای مختلف تقریباً مشابه بوده و حداکثر سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد حاصل شده و با افزایش سن گیاه مقادیر آن کاهش یافته است.

روند کاهشی سرعت رشد نسبی عمدتاً مربوط به افزایش نسبت سلولهای تکثیر نشونده به تکثیر شونده

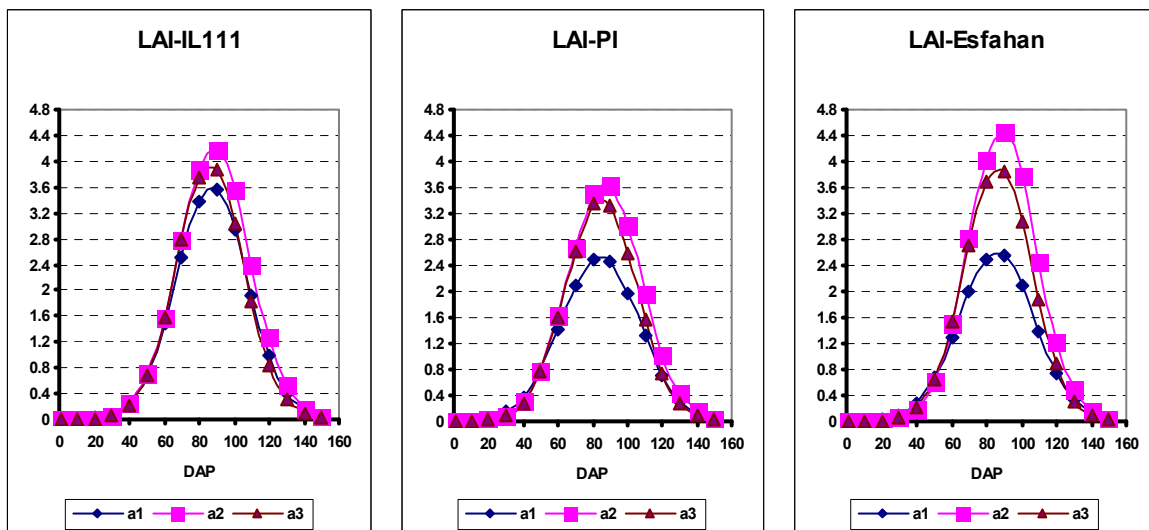
فتوسنتز کافی تسریع شده و در نهایت با افزایش ریزش برگ‌ها به صورت منفی درآمده است.

مشهود بود. شایان ذکر است که در شرایط تنش، روند کاهش NAR به دلیل کاهش توانایی برگ‌ها در



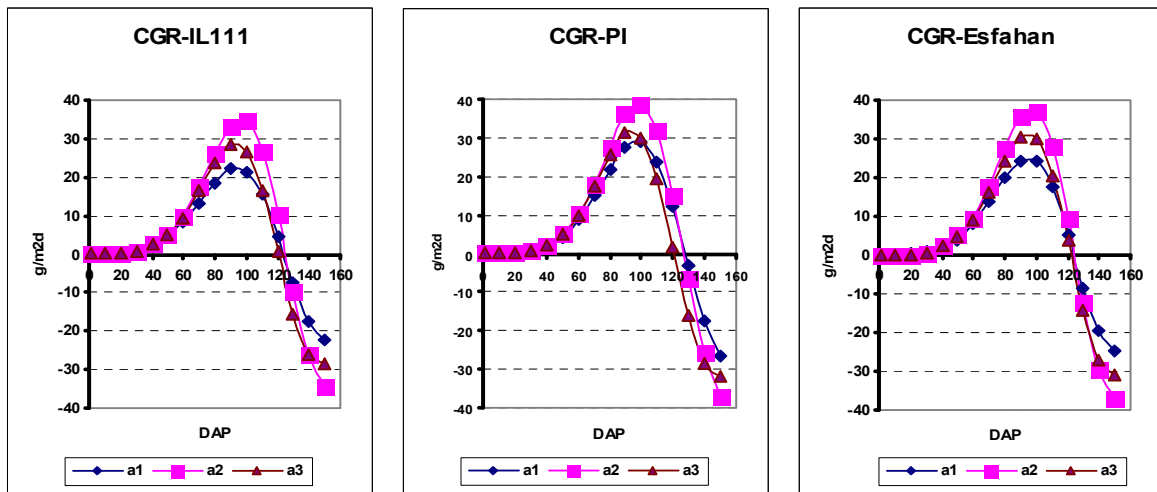
شکل ۱: روند تغییرات تجمع ماده خشک در اندام هوایی، تحت تنش‌های رویشی و زایشی

(تنش رویشی=a1، بدون تنش=a2، تنش زایشی=a3) در ارقام مختلف گلرنگ (b3=بومی اصفهان، b2=PI، b1=IL-111)

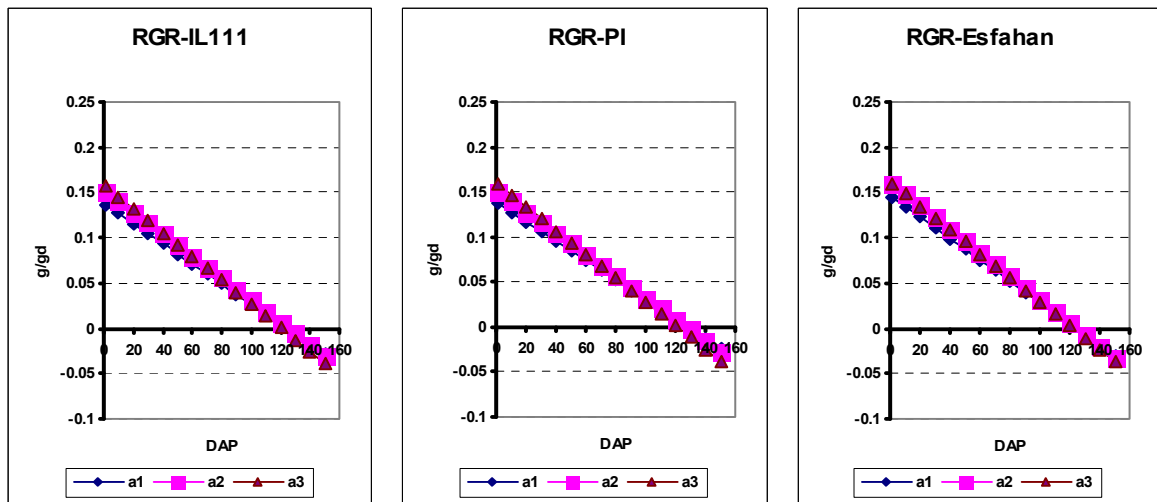


شکل ۲: روند تغییرات شاخص سطح برگ در اندام هوایی، تحت تنش‌های رویشی و زایشی

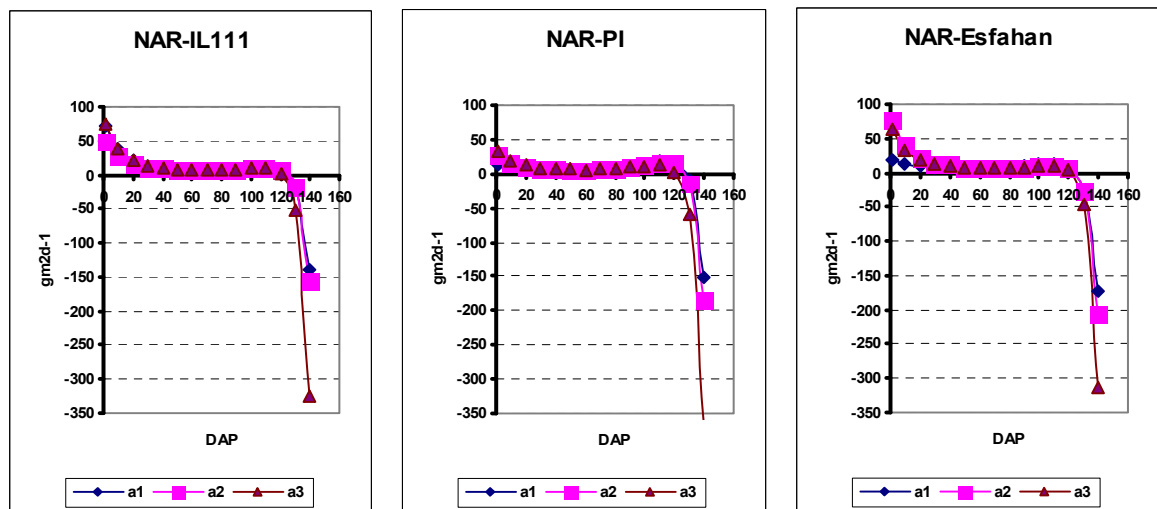
(تنش رویشی=a1، بدون تنش=a2، تنش زایشی=a3) در ارقام مختلف گلرنگ (b3=بومی اصفهان، b2=PI، b1=IL-111)



شکل ۳: روند تغییرات سرعت رشد محصول در اندام هوایی، تحت تنش‌های رویشی و زایشی (تنش رویشی = a1، بدون تنش = a2، تنش زایشی = a3) در ارقام مختلف گلرنگ (b3=بومی اصفهان، b2=PI، b1=IL-111)



شکل ۴: روند تغییرات سرعت رشد نسبی در اندام هوایی، تحت تنش‌های رویشی و زایشی (تنش رویشی = a1، بدون تنش = a2، تنش زایشی = a3) در ارقام مختلف گلرنگ (b3=بومی اصفهان، b2=PI، b1=IL-111)



شکل ۵: روند تغییرات سرعت جذب و تحلیل خالص در اندام هوایی، تحت تنش‌های رویشی و زایشی (تنش رویشی = a1، بدون تنش = a2، تنش زایشی = a3) در ارقام مختلف گلرنگ (b3=بومی اصفهان، b2=PI، b1=IL-111)

عملکرد بیولوژیک

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، بین ارقام مورد بررسی و هم‌چنین سطوح مختلف تنش از نظر عملکرد بیولوژیک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. لاین PI با ۱۳۷۳۱/۴ کیلوگرم در هکتار بالاترین و لاین IL-111 با ۱۰۹۴۹/۲ کیلوگرم در هکتار کمترین ماده خشک را در واحد سطح تولید نمود. تنش رویشی به میزان ۲۴/۹ درصد و تنش زایشی ۲۲ درصد نسبت به شاهد (بدون تنش) عملکرد بیولوژیک را کاهش داد. گرچه تنش رویشی حدود ۲/۹ درصد بیشتر از تنش زایشی سبب کاهش عملکرد بیولوژیک شد، ولی این دو نوع تنش از لحاظ آماری در یک گروه قرار داشته، بنابراین تاثیر تنش رویشی و زایشی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در این آزمایش مشابه بوده و تفاوت زیادی با یکدیگر نداشت (جدول ۲). بر هم‌کنش رقم و تنش آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در تمام ارقام در شرایط بدون تنش به دست آمد. لاین PI نسبت به دو رقم دیگر در این شرایط حدود ۱۶٪ ماده خشک بیشتری تولید نمود. هم‌چنین لاین PI

در شرایط تنش رویشی به میزان ۱۹/۳ درصد و لاین IL-111 و رقم بومی اصفهان به ترتیب ۲۷/۳ درصد و ۲۸/۸۵ درصد کاهش ماده خشک کل داشتند. تنش زایشی به میزان مشابهی عملکرد بیولوژیک لاین‌های PI و IL-111 (به ترتیب ۲۶/۴ درصد و ۲۵/۲ درصد) نسبت به گیاهان بدون تنش کاهش داد، ولی اثرات این نوع تنش بر عملکرد بیولوژیک رقم بومی اصفهان کمتر بود و فقط باعث ۱۴ درصد کاهش عملکرد در رقم مذکور نسبت به گیاهان بدون تنش شد. در شرایط بدون تنش، گسترش بیشتر و دوام طولانی‌تر سطح برگ سبب به وجود آمدن منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده بیشتر از نور و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک می‌گردد. مظفری و همکاران (۱۳۷۵) با مطالعه اثر تنش خشکی در آفتابگردان اعلام کردند که تنش رطوبتی سبب کاهش شدید عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه می‌شود. سایر محققین نیز بر کاهش عملکرد بیولوژیک گیاهان زراعی در شرایط تنش رطوبتی در دوران رشد رویشی و زایشی تاکید کرده‌اند (اسبورن و همکاران، ۲۰۰۲؛ سپهری و همکاران، ۱۳۸۱).

جدول ۱: خلاصه تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، عملکرد روغن و درصد روغن

| میانگین مربعات | | | | | | |
|----------------|------------|---------------------|------------------------|---------------------|-------------|---------------|
| منابع تغییر | درجه آزادی | درصد روغن | عملکرد روغن | وزن هزار دانه | شاخص برداشت | عملکرد دانه |
| تنش | ۲ | ۳۱/۲۰** | ۲۴۶۰۶۰/۰۷** | ۳۹/۵۰** | ۲۵/۸۹** | ۱۸۸۰۰۲۱۸/۷۹** |
| خطا(الف) | ۴ | ۰/۴۴۵۷۹۲۶ | ۱۳۴۹/۸۸ | ۱/۵۴ | ۰/۰۱ | ۲۴۹۴۴/۰۲ |
| رقم | ۲ | ۷۹/۸۳** | ۲۹۰۸۸/۳۴** | ۷۶۷/۲۹** | ۶۵/۲۶** | ۶۷۳۴۳۲/۰۲۱** |
| تنش×رقم | ۴ | ۰/۲۳ ^{n.s} | ۵۷۹۲/۳۲ ^{n.s} | ۶/۲۸ ^{n.s} | ۱۴۶۳/۰۱** | ۷۵۰۰۹/۱۹* |
| خطا(ب) | ۱۲ | ۰/۵۲ | ۲۴۳۶/۸۲ | ۳/۸۹ | ۰/۰۰۲ | ۱۹۱۲۲/۶۰ |
| CV% | - | ۲/۷۵ | ۷/۹۰ | ۵/۸۹ | ۵/۲۶ | ۵/۸۲ |

* در سطح ۵ درصد معنی‌دار، ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار، n.s غیر معنی‌دار

عملکرد دانه

بین ارقام و سطوح تنش از نظر عملکرد دانه اختلاف خیلی معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). هم‌چنین اثرات متقابل آنها نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید. نتایج حاکی از آن است که لاین‌های PI و IL-111 به ترتیب با تولید متوسط ۲۵۷۸/۷۸ و

۲۴۸۰/۶۷ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. طی تنش کمبود آب کمترین عملکرد دانه متعلق به گیاهان تنش دیده در مراحل رشد زایشی و سپس رویشی بود، به طوری که تنش‌های مذکور به ترتیب باعث کاهش ۳۱/۲۸ و ۲۰/۷۱ درصد عملکرد دانه نسبت به شاهد شد که بیانگر تاثیر بیشتر

تجزیه و تحلیل رشد، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و عملکرد روغن ...

عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار داده است. روبلین (۱۹۶۷) و رابینسون (۱۹۷۱) نتیجه گرفتند که دوره ۲۰ روز قبل تا ۲۰ روز بعد از گل‌دهی بحرانی‌ترین دوره نسبت به تنش رطوبتی است. هیومن و همکاران (۱۹۹۰) نیز طی آزمایشات خود تنش شدید در مراحل گل‌دهی و گرده افشانی و دانه بندی را باعث بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه در گیاه آفتابگردان دانستند. اسنندل و همکاران (۱۹۹۲) در بررسی تاثیر عوامل محیطی بر روی عملکرد دانه گلرنگ اعلام نمودند که عملکرد دانه گلرنگ با میزان بارندگی در طول دوره جوانه زنی تا گل‌دهی و گل‌دهی تا رسیدن همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد.

آبیاری در مراحل رشد زایشی بر افزایش عملکرد دانه است. کمترین عملکرد دانه ۲۰۶۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار در رقم بومی اصفهان و در تنش رویشی نیز کم‌ترین عملکرد در رقم بومی اصفهان مشاهده شد. بیشترین کاهش عملکرد دانه نسبت به شاهد (بدون تنش) در تنش رویشی ارقام IL-111، بومی اصفهان و PI به ترتیب برابر ۲۸/۳٪، ۱۹/۲٪ و ۱۴/۲٪ مشاهده شد. لذا در میان سه رقم مورد بررسی تنش رویشی تاثیر کمتری بر عملکرد دانه رقم PI گذاشت، ولی در تنش زایشی بیشترین کاهش عملکرد مربوط به PI برابر ۳۳/۳ درصد و پس از آن مربوط به بومی اصفهان و IL-111 به ترتیب ۳۰/۵ درصد و ۲۹/۸ درصد بود. لذا می‌توان گفت در هر سه رقم تنش زایشی بیش از تنش رویشی کمبود آب،

جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات اصلی عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، عملکرد روغن و درصد روغن

| تیمار | درصد روغن | عملکرد روغن | وزن هزار دانه | شاخص برداشت | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک |
|-------------|-----------|-------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|
| تنش رویشی | ۲۵/۷۶b | ۵۸۶/۶۷b | ۳۵/۸۹a | ۲۱/۰۷a | ۲۲۷۷/۲۴b | ۱۰۸۶۱/۴۰b |
| تنش زایشی | ۲۴/۶۰c | ۴۸۰/۸۰c | ۳۲/۰۹b | ۱۷/۷۴c | ۱۹۷۳/۶۵c | ۱۱۲۷۷/۰۱b |
| بدون تنش | ۲۸/۲۵a | ۸۰۵/۰۵a | ۳۲/۴۵b | ۱۹/۹۴b | ۲۸۷۲/۱۸a | ۱۴۴۷۵/۹۱a |
| PI | ۲۴/۴۴b | ۶۸۸/۵۳a | ۳۲/۳۲b | ۱۸/۷۲b | ۲۵۷۸/۷۸a | ۱۳۷۳۱/۴۲a |
| IL-111 | ۲۳/۱۱c | ۵۸۰/۷۹b | ۴۳/۲۴a | ۲۲/۶۰a | ۲۴۸۰/۶۷a | ۱۰۹۴۹/۳۳c |
| بومی اصفهان | ۲۹/۰۵a | ۶۰۳/۲۰b | ۲۴/۸۸c | ۱۷/۴۳c | ۲۰۶۳/۶۲b | ۱۱۹۳۳/۶۱b |

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

شاخص برداشت

شاخص برداشت معیاری از کارایی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه است. در این مطالعه شاخص برداشت بین ارقام مختلف معنی‌دار و بیشترین مقدار آن در لاین IL-111 با میانگین معادل ۲۲/۶ درصد و کمترین مقدار شاخص برداشت مربوط به رقم بومی اصفهان معادل ۱۷/۴۳ درصد بود. شاخص برداشت رقم بومی اصفهان در تنش زایشی ۱۴/۳۶ درصد بود که نسبت به شرایط بدون تنش همین رقم ۳/۴ درصد کمتر بود. رقم IL-111 در تنش زایشی نسبت به شرایط بدون تنش ۱/۴ درصد و در تنش رویشی ۱/۹ درصد کاهش در شاخص برداشت نشان داد که حاکی از

تغییرات کمتر این رقم در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی از لحاظ تاثیر تنش آب بر شاخص برداشت در دوران رویشی و زایشی دانست. در لاین PI تنش رویشی باعث افزایش در شاخص برداشت در مقایسه با شاهد (بدون تنش) شد. این موضوع علی‌رغم کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تحت تنش رویشی در لاین مذکور اتفاق افتاد که می‌تواند بدین دلیل باشد که تنش رویشی، رشد اندام هوایی (عملکرد بیولوژیک) را بیش از تولید دانه (عملکرد اقتصادی) کاهش داده است. نادری و همکاران (۱۳۸۴) نیز تاکید کردند تاثیر منفی تنش خشکی بر عملکرد دانه، کمتر از عملکرد بیولوژیک است. مجد نصیری (۱۳۸۱) کاهش تعداد روزها تا گل‌دهی و

عدم فرصت کافی برای تولید اندام رویشی را در اثر تنش خشکی (در کشت تابستانه) علت افزایش شاخص برداشت می‌داند.

وزن هزار دانه

بین ارقام مختلف و نیز سطوح تنش در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری در وزن هزار دانه وجود داشت. در تنش رویشی وزن هزار دانه نسبت به گیاهان بدون تنش ۹/۵۶ درصد افزایش نشان داد و بین تنش زایشی و بدون تنش از لحاظ این صفت تفاوت محسوسی ملاحظه نگردید. این مسئله می‌تواند به دلیل وجود تعداد دانه‌های بیشتر در طبق در گیاهان بدون تنش و یا تعداد کمتر گل و در نتیجه دانه‌ها در شرایط تنش رویشی باشد. سابرامانین و ماهسواری (۱۹۹۱) نیز بیان کردند که تنش خشکی در قبل از شروع گل‌دهی تعداد گل و در نهایت تعداد دانه در طبق را کاهش می‌دهد. کاهش وزن

هزار دانه در تیمار بدون تنش را می‌توان به تعداد بیشتر دانه‌ها در طبق و در نتیجه رقابت دانه‌ها موجود در یک طبق برای مصرف مواد فتوسنتزی نسبت داد. از طرف دیگر با توجه به اینکه گیاهان بدون تنش در زمان تعیین طرح اولیه گل‌ها نسبت به تیمار تنش رویشی از وضعیت بهتری برخوردار بودند، تعداد نسبتاً بیشتر گل در طبق، محدودیت مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش اندازه دانه و وزن هزار دانه را نسبت به تیمار تنش رویشی به دنبال داشته است. لاین IL-111 نسبت به لاین PI و رقم بومی اصفهان به ترتیب ۲۵/۲۵، ۴۲/۴۵ درصد وزن دانه بیشتری تولید نمود و رقم بومی اصفهان با ۲۴/۸۸ گرم کم‌ترین وزن هزار دانه را داشت. در بین ارقام مورد بررسی رقم مذکور در تنش زایشی کم‌ترین وزن هزاردانه را تولید نمود.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات متقابل عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، عملکرد روغن

| و درصد روغن | | | | | | |
|-------------|-----------|-------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|
| تیمار | درصد روغن | عملکرد روغن | وزن هزار دانه | شاخص برداشت | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک |
| تنش رویشی | ۲۶/۸۰ c | ۶۹۸/۴۳ b | ۳۵/۴۲ b | ۲۰/۱۲ d | ۲۶۲۸/۹۰ b | ۱۳۰۶۷/۰۰ c |
| تنش زایشی | ۲۴/۶۸ d | ۵۰۳/۹۳ cd | ۳۱/۶۵ c | ۱۷/۱۲ g | ۲۰۴۲/۰۰ c | ۱۱۹۲۴/۰۰ c |
| بدون تنش | ۲۸/۱۶ b | ۸۶۳/۲۲ a | ۲۹/۸۸ cd | ۱۸/۹۱ e | ۳۰۶۵/۴۰ a | ۱۶۲۰۳/۰۰ a |
| تنش رویشی | ۲۲/۶۲ e | ۴۹۸/۹۹ cd | ۴۴/۶۸ a | ۲۲/۹۴ a | ۲۲۰۵/۲۰ c | ۹۶۱۰/۶۰ d |
| تنش زایشی | ۲۱/۱۷ f | ۴۵۷/۴۴ d | ۴۲/۶۲ a | ۲۱/۷۳ c | ۲۱۵۹/۷۰ c | ۹۹۳۷/۷۰ d |
| بدون تنش | ۲۵/۵۵ cd | ۷۸۵/۹۴ ab | ۴۲/۴۱ a | ۲۳/۱۳ a | ۳۰۷۷/۱۰ a | ۱۳۲۹۹/۷۰ bc |
| تنش رویشی | ۲۸/۱۶ b | ۵۶۲/۵۸ c | ۲۷/۵۷ de | ۲۰/۱۶ d | ۱۹۹۷/۵۰ c | ۹۹۰۶/۶۰ d |
| تنش زایشی | ۲۷/۹۷ b | ۴۸۱/۰۲ cd | ۲۱/۹۹ f | ۱۴/۳۶ h | ۱۷۱۹/۳۰ d | ۱۱۹۶۹/۱۰ c |
| بدون تنش | ۳۱/۰۴ a | ۷۶۵/۹۹ b | ۲۵/۰۷ ef | ۱۷/۷۶ f | ۲۴۷۴/۰۰ b | ۱۳۹۲۵/۰۰ b |

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند

درصد روغن

کاهش عملکرد روغن نه تنها به دلیل کاهش درصد روغن دانه می‌باشد، بلکه به دلیل تاثیر سوء تنش کمبود آب بر وزن دانه و عملکرد دانه و در نتیجه بر عملکرد روغن در هکتار است. بیشترین عملکرد روغن در PI با میانگین $688/53$ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد روغن $580/79$ کیلوگرم در هکتار مربوط به لاین IL-111 بود. آلسی و همکاران (۱۹۸۱) گزارش کرده‌اند که بین مقدار مصرف آب در دوره گل‌دهی تا برداشت و درصد روغن دانه همبستگی زیادی وجود دارد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش در شرایط تنش کمبود آب کمترین عملکرد دانه متعلق به گیاهان تحت تنش در مرحله رشد زایشی و سپس در مرحله رویشی بود که بیانگر تاثیر بیشتر آبیاری در مرحله رشد زایشی بر افزایش عملکرد دانه است. لاین PI نسبت به سایر ارقام بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود. هم‌چنین سرعت رشد محصول در لاین PI تحت تنش رویشی و زایشی نسبت به گیاهان بدون تنش بیشتر از سایر ارقام بود که بیانگر برتری فتوسنتزی و ذخیره سازی مواد در این لاین بوده است. این مسئله بخوبی توجیه کننده عملکرد بالاتر دانه در این لاین است. تنش کمبود آب بر کاهش میزان دوام سطح برگ در لاین PI کمترین تاثیر را داشت که می‌توان این مسئله را به هماهنگی بیشتر روند تغییرات سرعت رشد محصول با روند تغییرات دوام سطح برگ نسبت داد و نتیجه‌گیری کرد که دوام سطح برگ نقش اصلی را در تعیین میزان سرعت رشد محصول داشته است. در تنش رویشی بیشترین عملکرد روغن در لاین PI بدست آمد. بیشتر بودن عملکرد روغن در لاین PI به دلیل حفظ بهتر عملکرد دانه و کاهش کمتر درصد روغن در لاین مذکور تحت تنش رویشی در مقایسه با سایر ارقام بود.

بین ارقام و نیز سطوح مختلف تنش اختلاف خیلی معنی‌داری از لحاظ درصد روغن وجود داشت. رقم بومی اصفهان با درصد روغن $29/05$ بالاترین رتبه و سپس به ترتیب لاین PI و IL-111 با درصد روغن معادل $26/44$ ، $23/11$ در رتبه‌های بعدی از لحاظ درصد روغن قرار داشتند. به‌طور کلی تنش رویشی به میزان $8/81$ درصد و تنش زایشی $12/89$ درصد نسبت به گیاهان بدون تنش درصد روغن را کاهش دادند. رقم اصفهان با $31/04$ درصد در شرایط بدون تنش بیشترین عملکرد روغن را تولید نمود و لاین IL-111 در تنش زایشی با $21/17$ درصد دارای کمترین درصد روغن بود. نادری و همکاران (۱۳۸۴) نیز اظهار داشتند که با اعمال تنش خشکی در گلرنگ عملکرد روغن به شدت کاهش می‌یابد.

عملکرد روغن

عمده‌ترین محصول اقتصادی حاصل از کشت گلرنگ روغن می‌باشد. در این مطالعه بین ارقام مورد بررسی و هم‌چنین سطوح مختلف تنش اختلاف خیلی معنی‌داری در خصوص عملکرد روغن وجود داشت. این مسئله نشان دهنده تاثیر معنی‌دار تنش کمبود آب بر کاهش عملکرد روغن گلرنگ است. عملکرد روغن در گیاهان بدون تنش با $805/05$ کیلوگرم در هکتار نسبت به گیاهان تنش دیده برتری داشت. اگر چه تنش رویشی نسبت به تنش زایشی اثر کاهشی کمتری بر روی تولید روغن ایجاد نمود ولی به‌طور متوسط $218/38$ کیلوگرم در هکتار عملکرد روغن را در مقایسه با گیاهان بدون تنش کاهش داد. این کاهش برای گیاهان در معرض تنش زایشی معادل $324/25$ کیلوگرم در هکتار بود که نشان دهنده تاثیر سوء تنش زایشی بر عملکرد روغن است.

منابع

- برادران، ر. و زینالی خانقاه، ح. ۱۳۷۵. بررسی رابطه ژنتیکی عملکرد و اجزا آن و مطالعه همبستگی صفات مهم زراعی نباتات ایران. چکیده مقالات چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲ الی ۴ شهریور ۱۳۷۵.
- قاسمی گلعدانی، ک.، موحدی، م.، رحیمزاده خوئی و مقدم، م. ۱۳۷۶. اثرات کمبود آب بر رشد و عملکرد دو رقم نخود در تراکم‌های مختلف. مجله دانش کشاورزی. جلد هفتم، شماره‌های ۳ و ۴، صفحات ۴۲-۱۷.
- خواجه پور، م. ۱۳۸۳. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۵۶۴ صفحه.
- زینلی، ا. ۱۳۷۸. گلرنگ. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۴۴ صفحه.
- سپهری، ع.، مدرس ثانوی، م.، قره یاضی، ب. و یمینی، ی. ۱۳۸۱. تاثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. جلد چهارم، شماره سوم، صفحات ۲۰۱-۱۸۴.
- فرهود نیا، ط. ۱۳۷۴. بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی، رشد و برخی تغییرات بیوشیمیایی ناشی از تنش در دو لاین نخود ایرانی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زیست‌شناسی-علوم گیاهی. دانشگاه تربیت معلم تهران. ۱۲۵ صفحه.
- کامرانی، ر. ۱۳۶۷. ارزیابی عملکرد و شاخص‌های رشد دو رقم سویا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. دانشکده کشاورزی. ۱۷۷ صفحه.
- کوچکی، ع.، راشد محصل، م. ح.، نصیری، م. و صدرآبادی، ر. ۱۳۶۰. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۴ صفحه.
- مجد نصیری، ب. ۱۳۸۱. بررسی امکان تولید گلرنگ در کشت تابستانه و مطالعه الگوی توزیع اجزای عملکرد، خصوصیات فیزیولوژیکی و فنولوژیکی لاین‌های انتخابی در مقایسه با کشت بهاره. پایان‌نامه دکتری تخصصی زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی - واحد اهواز.
- مظفری، ک.، عرشی، ی. و زینالی خانقاه، ح. ۱۳۷۵. بررسی اثر تنش خشکی در برخی از صفات مورفوفیزیولوژیکی و اجزای عملکرد آفتابگردان. مجله نهال و بذر. جلد دوازدهم، شماره سوم، صفحات ۳۳-۲۴.
- نادری، م. ر.، نورمحمدی، ق.، مجیدی، ا.، درویش، ف.، شیرانی راد، ا. ح. و مدنی، ح. ۱۳۸۴. بررسی عکس‌العمل گلرنگ تابستانه به شدت‌های مختلف تنش خشکی در منطقه اصفهان. مجله علوم زراعی ایران. جلد هفتم، شماره ۳، صفحات ۲۲۵-۲۱۲.
- Abel, G. H. 1976. Effects of irrigation regimes, planting dates, nitrogen levels and row spacing on safflower cultivars. *Agron. J.* 68: 448-451.
- Aggrawal, P. K., Khanna Chopra, R. And Sinha, S. K. 1984. Changes in leaf water potential in relation to growth and dry matter production. In "The Chickpea" (Eds. M. C. Saxena and K. B. Singh. 1987) PP. 168-169. C.A.B. International, UK.
- Alessi, J., Power, J. F. and Zimmerman, D. C. 1981. Effect of seeding date and population on water use efficiency and safflower yield. *Agron. J.* 73:783-787.
- Buttery, B. R. 1988. Analysis of the growth of soybean as affected by plant population and fertilizer. *Can. J. Plant Sci.* 49:675-681.
- Esendel, E., Kevesoglu, K., Ulsa, N. and Aytac, S. 1992. Performance of late autumn and spring planted safflower under limited environment. *Proceedings of the Third International Safflower Conference. China, Pages 221-248.*
- Hang, I. N., and Evans, D. W. 1985. Deficit sprinkler irrigation of sunflower and safflower. *Agron. J.* 77:313-319.
- Hashemi- Dezfouli, A. 1994. Growth and yield of safflower as affected by drought stress. *Crop Research-Hisar.* 73:313-319.
- Herbert, S. J. and Lithlied, G. V. 1984. Growth response of short season soybean to variation in row spacing and density. *Field crop research* 9:163-171.

- Human, J. J., Du Toit, D., Bezuidenhout, H. D. and L. P. Bruyn, H. D. 1990. The influence of plant water stress on net photosynthesis and yield of sunflower. Agriculture University of South Africa. *Crop Science*. 164(4): 231-241.
- Karimi, M. and Siddique, K. H. M. 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res.*
- Keating, J. D. H. and Cooper, P. J. M. 1984. Physiological studies on growth and development of winter-sown chickpeas. In *Ascochyta Blight and Winter Sowing of Chickpeas* (Eds. M. C. Saxena and K. B. Singh) PP. 141-157. Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers. The Hague, The Netherlands.
- Khanna-chopra, R. and Sinha, S. K. 1978. Chickpea: Physiological aspects growth and yield. In *The Chickpea* (Eds. M. C. Saxena and K. B. Singh. 1987) PP. 163-189. C.A.B. International , UK.
- Leonard, G. E., and French, D. F. 1969. Growth, yield and yield components of safflower affected by irrigation regimes. *Crop Science* 61: 111- 113.
- Nam, N. H., Chauhan, V., and Johansen, C. 2001. Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extra-short-duration pigeonpea lines. *Journal of Agricultural Science*, 136: 179-189.
- Nesmith, D. S. and Ritchie, J. T. 1992. Short and long-term responses of corn to a pre - anthesis soil water deficit. *Agron. J.* 84:107-113.
- Osborne, S. L., Scheppers, J. S., Francis, D. D. and Schlemmer, M. R. 2002. Use of spectral radiance to in season biomass and grain yield in nitrogen and water –stressed corn. *Crop Science*. 42:165-171.
- Robelin, M. 1967. Effects and after-effects of drought on growth and yield of safflower. *Ann.Agron.*18:579-599.
- Robinson, R. G. 1971. New crops for irrigated sandy soils. *Minesota Science*. 27: 10-11.
- Saini, H. S. and Westgate, M. E. 2000. Reproductive development in grain crops during drought. *Advances in agronomy*, 68: 60-95.
- Singh, I. D. and Stoskopf, N. C. 1971. Harvest index in cereals. *Agron. J.* 63: 224-226.
- Subramanian, V. B. and Maheswarj M. 1991. Physiological and yield responses of sunflower to water stress at flowering. *Indian Journal of PlantP hysiology*. 34: 153-159.
- Turner, N. C. and Sobrado, M. A. 1987. Photosynthesis dry matter accumulation and distribution in the wild sunflower and cultivated sunflower as influenced by water deficits. *Field Crops*. 44:435-436. *Uir. Of III inois Plant Cell Eenviron.*, 13L. 923-931.

Growth Characteristics, Grain Yield, Yield Components and Oil Rate in Three Safflower (*Carthamus tinctorious* L.) Cultivars Under Water Stress in Hamedan

Shalchi¹, M., Sepehri², A. and Ahmadvand², G.

Abstract

Safflower (*Carthamus tinctorious* L.) is one of the most important plants in crop rotation and economical stability in semi-arid agro ecosystems. Although low yield in safflower compared to other crops, may decrease its competitive ability understanding the differences between high and low yielding cultivars under drought and the relationships between them and yield, might be important in increasing seed production. A split-plot arrangement of treatment in a randomized complete block design with three replications was used at research farm of Bu-Ali Sina University, located in Hamedan, in 2006 growing seasons. Three cultivars of spring safflower including IL-111, PI and Isfahan local cultivar under water stress at vegetative and reproductive growth stages were used. In this research some of the growth indices and physiological characteristics such as total dry matter accumulation (TDM), crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), leaf area index (LAI), in three cultivars (IL-111, PI and Esfahan native), was evaluated. The longest growth duration was seen from Esfahan native and shortest growth duration was observed from IL-111 cultivar under water stress. Leaf area index decreased with decreasing availability of water. Maximum total dry matter and crop growth rate were observed in PI cultivar. The highest net assimilation rate also was obtained in PI cv. Significant differences were observed between three cultivars in biological yield, grain yield, yield components, seed oil percentage, oil yield and Harvest index. The lowest biomass and grain were belong to water stressed plant in vegetative and reproductive stages. Water stress at vegetative and reproductive growth stages decreased 20.7% and 31.28% of grain yield respectively in comparison with non-stress plants (control). The result showed that the maximum grain yield and oil yield were observed in PI and IL-111 cultivar under non-stress treatment. In contrast, oil percentage and oil yield in IL-111 decreased sharply under water stress at vegetative or reproductive stages. Maximum grain yield and oil yield was belong to PI under vegetative water stress.

Keywords: Grain yield, Oil yield, Physiological characteristics, Safflower, Water stress, Yield components

1. MSc student, Department of Agronomy and plant breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan

2. Assistant Professors, Department of Agronomy and plant breeding, Faculty of Agricultural, Bu-Ali Sina University, Hamedan