

بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر رشد و عملکرد گلرنگ بهاره

Evaluation of Water Stress Effect on Growth and Yield of Spring Safflower

پروانه یاری^۱، امیرحسین کشتکار^{۲*} و علی سپهری^۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۴/۱۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی در مرحله زایشی بر رشد و عملکرد دانه گیاه گلرنگ بهاره (*Cartamus tinctorious* L.)، پژوهشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه آزمایشی دانشگاه بوعلی‌سینا در بهار سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. تنش آبی به‌عنوان عامل اصلی دارای سه سطح، آبیاری معمولی (بدون تنش)، قطع آبیاری از مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی تا رسیدگی (تنش گل‌دهی) و قطع آبیاری از مرحله شروع دانه‌بندی تا رسیدگی (تنش دانه‌بندی) در کرت‌های اصلی و شش رقم گلرنگ شامل PI، محلی عجب شیر، Mec11، فرامان، محلی زرقان ۶ و سینا به‌عنوان عامل فرعی در سطوح آبیاری ذکر شده مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج این بررسی نشان داد که تنش رطوبتی موجب کاهش معنی‌دار صفات مورد بررسی به استثناء تعداد ساقه فرعی، ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته و شاخص برداشت گردید. بیشترین تأثیر تنش رطوبتی بر روی صفات، در تیمار تنش گل‌دهی بود. همچنین تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و دانه‌بندی به ترتیب موجب کاهش ۵۹/۸۱ و ۲۹/۸۰ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شاهد (بدون تنش) گردید. کاهش عملکرد دانه و عملکرد روغن در مرحله تنش گل‌دهی، ناشی از کاهش تعداد دانه در طبق و کاهش وزن هزار دانه و در مرحله دانه‌بندی ناشی از کاهش وزن هزار دانه بود. رقم‌های سینا و محلی عجب شیر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد دانه و عملکرد روغن در شرایط نرمال، تنش گل‌دهی و تنش دانه‌بندی بودند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، دانه‌بندی، شاخص رشد، گل‌دهی و مرحله زایشی

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

۲ و ۳. استادیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

* نویسنده مسئول Email: akesht@gmail.com

این مقاله بخشی از پایان نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول در دانشگاه بوعلی‌سینا می‌باشد.

گلرنگ گیاهی از خانواده (Asteraceae) است که خصوصیات مطلوب و خاص این گیاه نظیر استفاده‌های طبی، صنعتی و غذایی از گلبرگ‌های آن، کیفیت بالای روغن دانه و وجود بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع به خصوص اسیدچرب لینولئیک و اولئیک، مقاومت نسبتاً بالا به شوری و خشکی، سازگاری وسیع به درجه حرارت‌های پایین زمستان و بالای تابستان و فصل رشد کوتاه در کشت بهاره از جمله مواردی است که آن را به‌عنوان گیاه روغنی با ارزشی مطرح نموده است (احمدی و امید، ۱۳۷۳). گلرنگ تقریباً در ۶۰ کشور جهان کشت می‌شود که سطح زیر کشت آن در ایران در سال ۱۳۹۱ برابر ۸۰۳ هکتار و میزان تولید آن نیز برابر ۵۷۴ تن بوده است (فاو^۱، ۲۰۱۳)، با توجه به اینکه ایران در تقسیم‌بندی جهانی جزء کشورهای خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، بررسی زمان، شدت و مدت دوره تنش کمبود آب بر واکنش‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان بسیار حایز اهمیت بوده بر رشد، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن تأثیر بسزایی دارد. گلرنگ به‌واسطه مقاومت به خشکی امروزه به‌عنوان یک گیاه زراعی در تناوب دیمزارهای کشور مطرح است اختاب^۲ و پالا^۳ (۲۰۰۱). با توجه به این که افزایش عملکرد در هر گیاه دارای حد معینی است لذا افزایش یا کاهش یک یا چند جزء با افزایش یا کاهش یک یا چند جزء دیگر همراه است. در مطالعه شهسواری (۱۳۸۰) در خصوص انتخاب لاین‌های برتر از توده‌های بومی اصفهان در کشت تابستانه دو لاین اصفهان-۸ و اصفهان-۶ به ترتیب با عملکرد دانه ۵۷۱۴ و ۱۵۴۷ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین و کمترین عملکرد در شرایط نرمال بودند. در مطالعه *لئونارد و فرنچ*^۴ (۱۹۶۹) عملکرد تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت. در پژوهش فوق که آبیاری در شرایط ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت تیمارها شامل آبیاری تا زمان برداشت، آبیاری تا اواخر گل‌دهی، آبیاری تا اوایل گل‌دهی و آبیاری تا دو هفته قبل از گل‌دهی بودند. در این مطالعه عملکرد در تیمارهای فوق به‌ترتیب ۳۹۵۳، ۴۰۵۶، ۳۳۱۷ و ۲۰۱۱ کیلوگرم در هکتار بود که بین تیمار اول و دوم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی بین تیمارهای اول و دوم با تیمار سوم و چهارم تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در پژوهش انجام گرفته توسط امید (۱۳۸۸) بر روی گلرنگ بهاره، تنش خشکی در مرحله گل‌دهی تأثیری بر ارتفاع بوته و تعداد طبق

در بوته و همچنین تعداد ساقه فرعی نداشت. پژوهش‌ها نشان می‌دهند، اثر زمان تنش خشکی بر عملکرد گیاه ممکن است به اندازه شدت آن اهمیت داشته باشد. تنش خشکی در طول مرحله گل‌دهی، گرده افشانی و نمو دانه ممکن است تعداد دانه تشکیل شده را به‌شدت کاهش دهد (سی‌وسه مرده^۴ و همکاران، ۲۰۰۶). وزن دانه به سرعت و دوام پر شدن دانه بستگی دارد هر عاملی که سرعت یا دوام پر شدن دانه را تقلیل دهد، کاهش وزن دانه را نیز در بر خواهد داشت. تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه از راه‌های گوناگونی مانند کاهش توانایی‌های فتوسنتزی تأثیر منفی می‌گذارد (مویدی^۵ و همکاران، ۲۰۰۹). عمده‌ترین محصول اقتصادی حاصل از کشت گلرنگ عملکرد روغن می‌باشد که از حاصلزرب درصد روغن و عملکرد دانه به‌دست می‌آید. در آزمایش راضی و آساد (۱۳۷۷) سطوح مختلف آبیاری در آفتابگردان اثر معنی‌داری بر درصد روغن دانه نداشتند. *انگر و پل*^۶ (۱۹۸۲) اظهار داشتند وقوع تنش خشکی طی مرحله پر شدن دانه موجب افت ۱ تا ۲ درصد روغن گردید. امید تبریزی و همکاران (۱۳۷۶) با بررسی صفات مهم زراعی ارقام گلرنگ بهاره همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد روغن با عملکرد دانه مشاهده نموده و نتیجه‌گیری نمودند که با افزایش عملکرد در بوته عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد. همچنین *شالچی* (۱۳۸۷) در آزمایش خود بر کاهش عملکرد بیولوژیکی گلرنگ در شرایط تنش رطوبتی در دوران رشد رویشی و زایشی تأکید نمود. شناخت و بررسی خصوصیات فیزیولوژی رشد در تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر عملکرد و اجزای آن از اهمیت زیادی برخوردار است. عموماً تجزیه و تحلیل رشد توسط شاخص‌هایی مانند میزان رشد گیاه، سرعت نسبی رشد، میزان اسیمیلاسیون خالص، نسبت سطح برگ و شاخص سطح برگ بیان می‌شود (*نادری درباغشاهی* و همکاران، ۱۳۸۴). *ایری و فرنچ*^۷ (۱۹۸۷) 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 سرعت رشد محصول گیاه گلرنگ می‌شود. *شالچی* و همکاران (۱۳۸۶) و *نادری درباغشاهی* و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند تنش خشکی به‌طور معنی‌دار سرعت رشد محصول گیاه گلرنگ را در شرایط گل‌دهی کاهش می‌دهد. این تحقیق به‌منظور ارزیابی واکنش ارقام مختلف

4. Sio-Se Mardeh
5. Moayedi
6. Unger and Paul
7. Erie and French

1. FAO
2. Akhtarbeg and Pala
3. Leonard and French

حاشیه هر ردیف با اندازه‌گیری صفات سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی ۵ بوته که از ناحیه طوقه برداشت شدند، صورت گرفت. در پایان فصل رشد، برداشت در سطحی معادل دو متر-مربع و از سه ردیف میانی هر کرت پس از حذف اثر حاشیه انجام گرفت. ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، تعداد ساقه فرعی، وزن کل بوته، وزن دانه نیز محاسبه گردید. اندازه‌گیری روغن پس از آسیاب کردن دانه‌ها و تهیه نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سوکسله انجام گرفت. پس از تعیین لگاریتم طبیعی (Ln) داده‌های مربوط به شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI)، روند تجمع ماده خشک کل (TDW) بر حسب گرم در متر مربع و سرعت محصول (CGR) بر حسب گرم در متر مربع در روز از معادلات ۱ تا ۴ و به روش حداقل مربعات به دست آمد (لینگر^۱ و همکاران، ۲۰۰۰؛ باتری^۲، ۱۹۸۸ و هربرت و لیتلید^۳، ۱۹۸۴).

$$(۱) LAI = EXP(a + b \cdot t + ct^2)$$

$$(۲) TDW = EXP(a + bt + ct^2)$$

$$(۳) CGR = NAR \times LAI$$

$$(۴) NAR = (b + 2ct) \times EXP[(a - a') + (b - b')t + (c - c')t^2]$$

a, b, c, a', b', c' ضرایب معادله رگرسیونی و t زمان بر حسب روز می‌باشند. شاخص برداشت (HI) از معادله زیر به دست آمد (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۸۲).

$$(۵) HI = ۱۰۰ \times (\text{عملکرد بیولوژیکی} / \text{عملکرد دانه})$$

تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و Minitab، رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

گلرنگ نسبت به تنش خشکی و بررسی شاخص‌های رشد و رابطه آن‌ها با عملکرد دانه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه آموزشی، تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان با مشخصات طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۷۵ دقیقه شمالی، میانگین بارندگی سالانه ۳۳۳ میلی‌متر و ارتفاع از سطح دریا ۱۶۹۰ متر که از نظر اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک محسوب می‌شود اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. عامل اصلی شامل سه سطح تنش آبی، بدون تنش (شاهد)، قطع آبیاری از مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی تا رسیدگی (تنش گل-دهی) و قطع آبیاری از مرحله شروع دانه‌بندی تا رسیدگی (تنش دانه‌بندی) بود. شش رقم گلرنگ محدود رشد، شامل PI، محلی عجب شیر، Mec11، فرامان، محلی زرقان ۶ و سینا به عنوان عامل دوم در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق و دو مرحله دیسک عمود برهم قبل از کشت صورت پذیرفت. بذور پس از ضدعفونی، به صورت جوی و پشته با فواصل ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۵ سانتی‌متر کشت گردیدند. هر کرت شامل ۵ ردیف به طول ۵ متر، فاصله بین بلوک‌های آزمایشی یک متر، تراکم کشت ۴۰ بوته در متر مربع تعیین و عملیات کاشت در تاریخ ۶ فروردین ماه به صورت دستی انجام گرفت. کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) شامل ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار کود (اوره)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (P₂O₅) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم K₂O به خاک اضافه شدند. یک سوم از کود نیتروژن‌دار با احتساب نیتروژن موجود در کود فسفات آمونیوم و هم‌چنین کود فسفات قبل از کشت مصرف و بقیه کود نیتروژن‌دار به صورت سرک در مرحله شروع ساقه‌دهی مصرف گردید. آبیاری در کرت‌های شاهد هر ۷ روز یک‌بار انجام گرفته اولین تیمار تنش آبی در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و دومین تیمار تنش آبی نیز در شروع مرحله دانه‌بندی (با اندازه‌گیری ماده خشک مصادف با شروع مرحله خطی رشد دانه در هر تیمار) گیاه اعمال و قطع آبیاری در بلوک‌های مورد نظر تا رسیدگی کامل گیاه صورت گرفت. در نهایت، نمونه‌برداری در ۶ مرحله شامل: قبل از ساقه‌رفتن، ساقه‌دهی، غنچه‌دهی، گل-دهی، دانه‌بندی و رسیدگی دانه انجام گرفت. نمونه‌برداری با احتساب ۲ ردیف حاشیه طرفین کرت و هم‌چنین ۰/۵ متر اثر

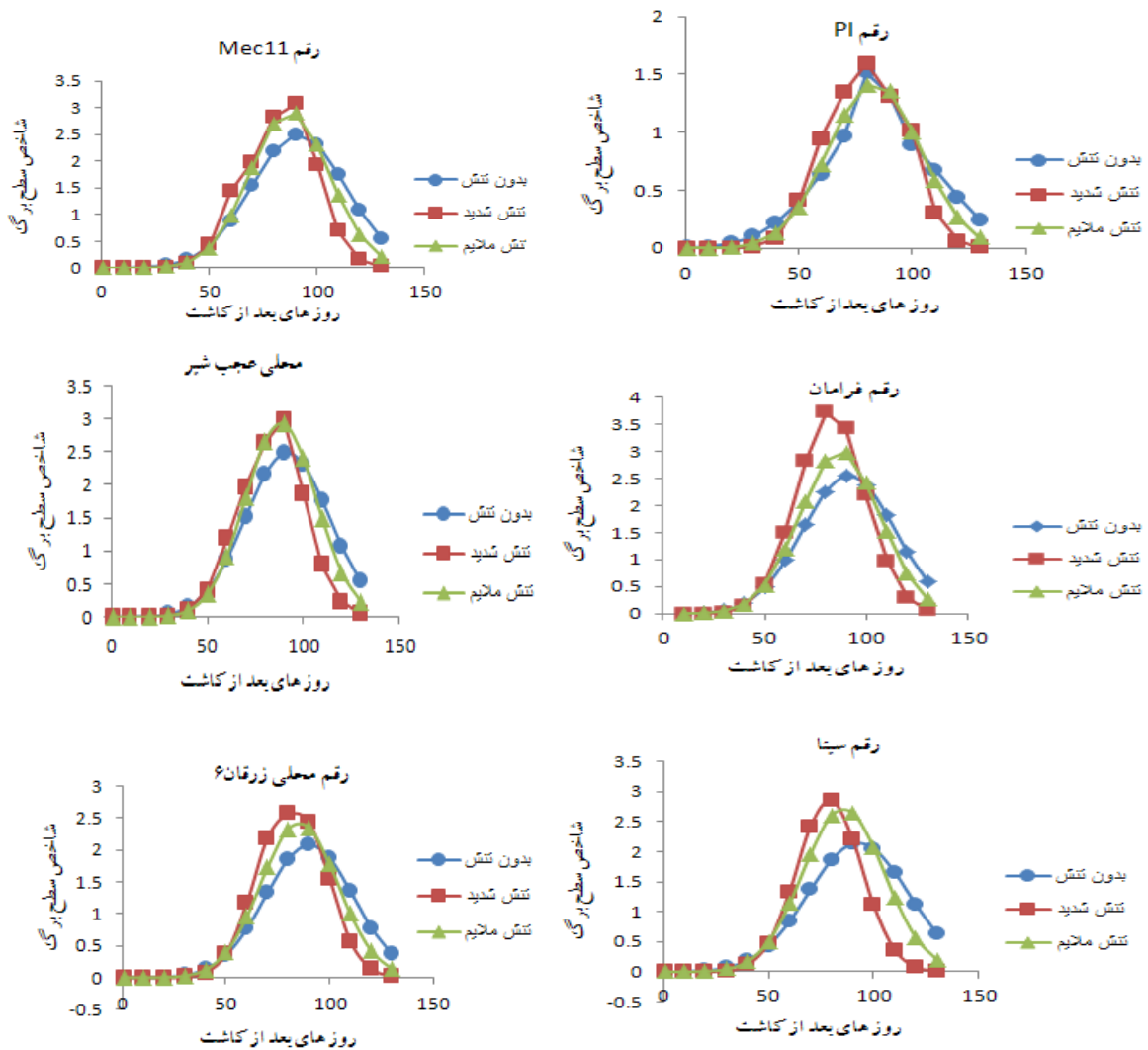
1. Elings
2. Buttery
3. Herbert and Lithlied

جدول ۱: مشخصات خاک محل آزمایش در مزرعه

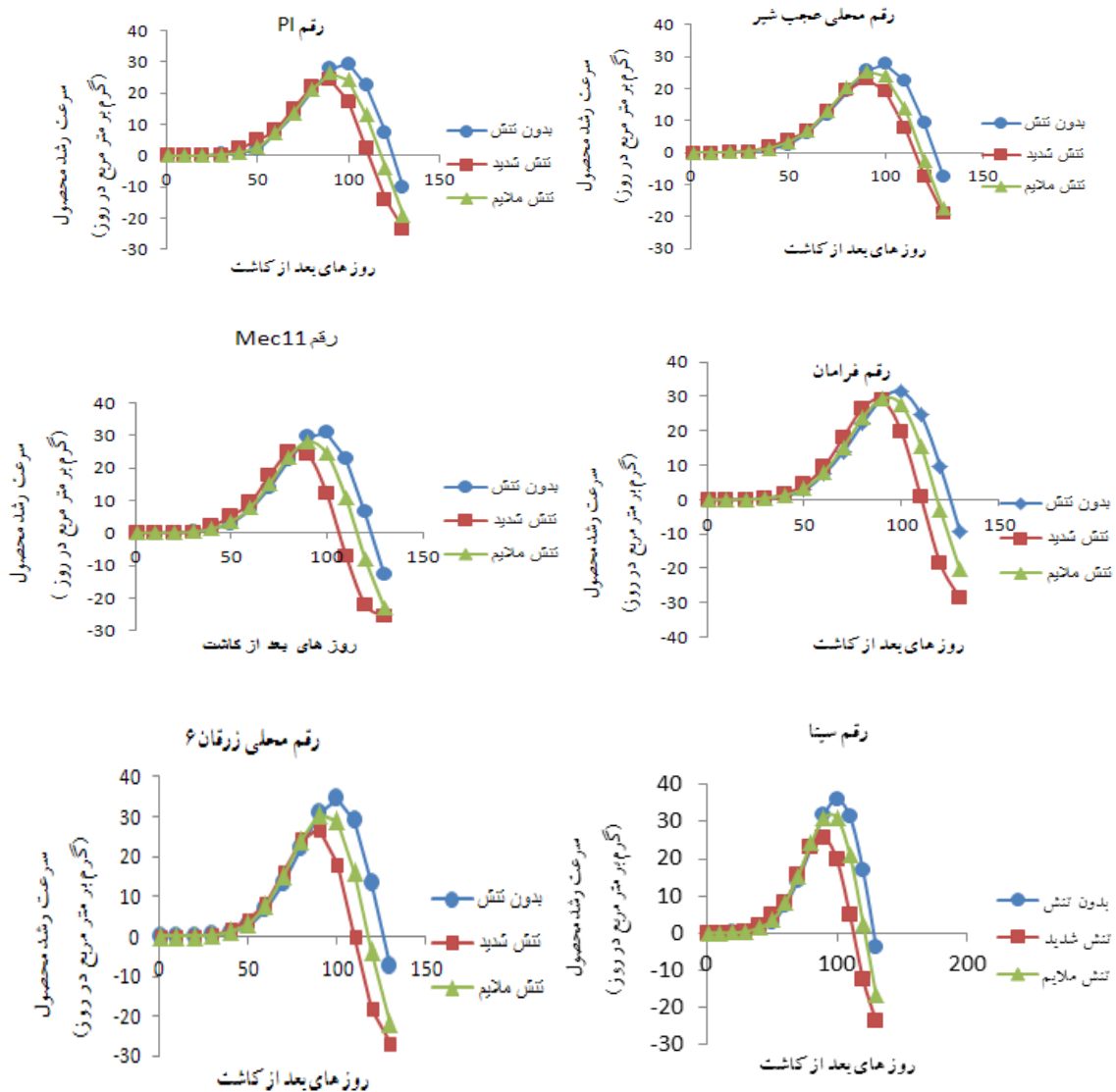
Table 1: The soil profile of the field test site

اسیدیته pH	جرم مخصوص ظاهری Bulk density g/cm ³	آهک CaCO ₃ (%)	O.C* (%)	پتاس K (mg/kg)	فسفر P (mg/kg)	بافت خاک Soil texture
7.2	1.44	6.25	0.6	106.25	7.42	سیلت لومی Loamy silt

* کربن آلی: Organic Carbon



شکل ۱: روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد تحت شرایط مختلف آبی در ارقام گلرنگ بهاره
Fig. 1: Trend of LAI during growing season in spring safflower cultivars under different ater conditions



شکل ۲: روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول فصل رشد تحت شرایط مختلف آبی در ارقام گلرنگ بهاره

Fig. 2: Trend of CGR during growing season in spring safflower cultivars under different water conditions

نتایج و بحث

روند تغییرات شاخص سطح برگ

روند تغییرات شاخص سطح برگ در این تحقیق نشان‌دهنده تغییرات کند اولیه تا حدود ۴۰ روز بعد از کاشت برای کلیه ارقام است. پس از آن روند تقریباً خطی شاخص سطح برگ به دلیل افزایش سریع در تعداد و سطح برگ آغاز شد. حداکثر شاخص سطح برگ در کلیه ارقام در حدود ۹۰ روز پس از کاشت به دست آمد که در بین ارقام، رقم سینا با مقدار معنی‌دار ۲/۵ دارای بیش‌ترین بیشینه و رقم PI با مقدار معنی‌دار ۱/۳ کم‌ترین بیشینه شاخص سطح برگ را دارا بودند. پس از اعمال تنش در مرحله گل‌دهی (۹۵ روز بعد از کاشت) شاخص سطح برگ در تمام ارقام سریعاً پایین آمد، به طوری که برگ در رقم Mec11، ۶۰/۵ درصد پایین آمد که این رقم بیش‌ترین کاهش و هم‌چنین رقم فرامان با ۴۶ درصد کم‌ترین کاهش را نشان دادند، علت این امر را می‌توان ناشی از زرد شدن برگ‌ها و ریزش سریع آن‌ها در نتیجه اعمال تنش خشکی دانست. 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 در باغشاهی و همکاران، ۱۳۸۴). هانگ و ایوانس^۱ (1985) نیز اعلام داشته‌اند که تنش خشکی موجب زرد شدن زودرس برگ‌ها و کاهش شاخص سطح برگ در کانوپی گلرنگ می‌گردد. هاشمی‌دزفولی^۲ (1994) نیز نتیجه مشابهی را گزارش نموده است. با اعمال تنش در مرحله دانه‌بندی نیز کاهش شاخص سطح برگ در بین ارقام مورد بررسی مشاهده گردید.

روند تغییرات سرعت رشد محصول

سرعت رشد محصول نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در یک فاصله زمانی مشخص در واحد سطح زمین است. مقدار آن زمانی که شاخص سطح برگ در حد مطلوب است بیش‌ترین مقدار بوده، سپس با سایه‌اندازی و پیری برگ‌ها کاهش می‌یابد (کوچکی و سرمندیا، ۱۳۶۹). در ابتدای فصل رشد (۴۰ روز بعد از کاشت) مقدار سرعت رشد محصول برای تمامی رقم‌ها کم و تقریباً برابر بود سپس روند خطی شروع شده و پس از ۹۰-۱۰۰ روز بعد از کاشت ارقام به بیش‌ترین سرعت رشد خود رسید. بیشینه سرعت رشد محصول در تمام تیمارها همان‌طور که در شکل (۲) مشخص است در مرحله قبل از گل‌دهی بوده و مدت

زمان آن بر حسب ارقام مختلف متفاوت می‌باشد. در بین ارقام رقم سینا با ۳۱ گرم در متر مربع در روز بیش‌ترین بیشینه سرعت رشد محصول را دارا بود ولی رقم محلی عجب‌شیر با ۲۶/۱۰ گرم در مترمربع و PI با ۲۶/۵۰ گرم در مترمربع کم‌ترین بیشینه سرعت رشد محصول را داشته‌اند. بعد از اعمال تنش، کاهش سرعت رشد محصول در ارقام تنش دیده بیش‌تر بود، به طوری که رقم محلی زرکان ۶ با مقدار ۰/۱۸- گرم در مترمربع بالاترین کاهش در سرعت رشد محصول را در ۱۵ روز بعد از اعمال تنش گل‌دهی نشان داد. رقم‌های Mec11 و سینا به ترتیب با میانگین ۷/۶۱ و ۴/۶۰ گرم در مترمربع در روز کم‌ترین کاهش سرعت رشد محصول را داشته‌اند (شکل ۲). از آنجائی که سرعت رشد محصول تابع مستقیمی از شاخص سطح برگ و سرعت فتوسنتز خالص است، کاهش دریافت نور ناشی از کاهش سطح برگ در اثر تنش کمبود آب موجب کاهش سرعت رشد محصول می‌گردد (کوچکی و سرمندیا، ۱۳۶۹). با اعمال تنش در مرحله دانه‌بندی، سرعت رشد محصول نیز نسبت به تیمار بدون تنش کاهش نشان داد، یافته‌های نادری و همکاران (۱۳۸۴) در گیاه گلرنگ نیز این مطلب را تأیید می‌نماید. در این مورد کاهش سطح برگ را می‌توان اصلی‌ترین دلیل این عکس‌العمل دانست. تأثیر خشکی بر تسریع پیری و کاهش سرعت رشد در گلرنگ توسط شالچی و همکاران (۱۳۸۶) و در ذرت توسط خان‌چوپرا^۳ (1987) و سپهری و همکاران (۱۳۸۱) گزارش شده است.

روند تجمع ماده خشک و حداکثر تجمع ماده خشک

روند تجمع ماده خشک کل اندام هوایی در ارقام مختلف تحت تنش‌های مختلف بر اساس روزهای بعد از کاشت در شکل (۴) ارائه شده است. روند تغییرات ماده خشک در ابتدای مراحل رشد کند بوده با ادامه رشد گیاه، سرعت تجمع ماده خشک بیشتر می‌شود. در تیمار بدون تنش به علت فراهم بودن آب قابل استفاده در مقایسه با سایر تیمارها، ماده خشک بیشتری در واحد سطح تولید و این اختلاف با افزایش روزهای پس از کاشت زیادتر شد. تنش گل‌دهی بیش‌ترین اثر منفی را بر تجمع ماده خشک داشت. در اواخر دوره رشد، روند رشد سریع گیاه، کاهش یافته و گیاه وارد مرحله رسیدگی گردید. آغاز دوره پیری و ریزش برگ‌ها با انتقال مواد از بخش‌های رویشی به دانه همراه است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار تنش آبی، رقم و اثر متقابل تیمار تنش آبی و رقم بر روی تجمع ماده

1. Hang and Evans
2. Hashemi Dezfooli

3. Khanna-Chopra

و کمترین آن با میانگین ۵۸/۵۶ و ۵۷/۸۰ سانتی متر مربوط به رقم‌های سینا و فرامان بوده است.

تعداد ساقه فرعی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر رقم بر ساقه فرعی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در بین رقم‌ها، PI با میانگین ۶ ساقه فرعی دارای کمترین تعداد و رقم‌های دیگر با تعداد ساقه فرعی بیش‌تر در یک گروه مشترک قرار گرفتند (جدول ۴). اثر تنش آبی و اثر متقابل آن با رقم معنی‌دار نشد، به نظر می‌رسد در زمان اعمال اولین تنش (تنش از مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی) گیاه حداکثر تعداد ساقه فرعی را تشکیل داده و کمبود رطوبت تأثیری در تعداد ساقه فرعی نداشته است. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های اسندال^۴ و همکاران (2008) و سیروس مهر و همکاران (۱۳۸۷) مبنی بر اینکه اثر تنش آبی در مرحله زایشی گیاه گلرنگ بر تعداد ساقه فرعی تأثیر معنی‌دار نداشته مطابقت دارد.

تعداد طبق در بوته

اثر تنش آبی و رقم و هم‌چنین اثر متقابل آنها بر تعداد طبق در بوته معنی‌دار نشد (جدول ۲). اعمال تنش خشکی باعث کاهش غیرمعنی‌دار در تعداد طبق در بوته گردید. عدم تأثیر تنش بر این صفت می‌تواند به این دلیل باشد که گیاه بر پایه ظرفیت ژنتیکی خود، در مرحله اعمال تنش تقریباً حداکثر تعداد طبق در بوته را تولید نموده و تنش‌های بعدی نیز تأثیری بر آن نداشته است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج فراس^۱ و همکاران (۱۳۸۷) مطابقت دارد. یافته‌های نورمند موید (۱۳۸۳) نیز نشان داد که تأثیر تنش خشکی بر تعداد دانه در طبق گیاه گلرنگ معنی‌دار نبوده اما تنش باعث کاهش تعداد دانه در طبق گردیده است.

تعداد دانه در طبق

بر اساس نتایج به‌دست آمده اثر تنش آبی و رقم بر تعداد دانه در طبق در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و اثر متقابل تنش آبی و رقم معنی‌دار نگردید (جدول ۲). تیمار بدون تنش با میانگین ۲۰/۸۱ و تیمار تنش دانه‌بندی با میانگین ۱۹/۶۰ دانه در طبق بیش‌ترین تعداد را به خود اختصاص دادند، درحالی‌که بین آنها تفاوت معنی‌داری از لحاظ این ویژگی وجود نداشت. هم‌چنین کمترین تعداد مربوط به تیمار تنش گل‌دهی با میزان ۱۲/۳۰ دانه در طبق بود (جدول ۳). در بین رقم‌ها، رقم محلی

خشک در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین تجمع ماده خشک به میزان ۱۶۵۹ گرم در مترمربع در تیمار بدون تنش مربوط به رقم سینا و کمترین تجمع ماده خشک در تیمار بدون تنش به میزان ۱۲۴۰ گرم در مترمربع مربوط به رقم محلی عجب‌شیر بود. در تنش دانه‌بندی بیش‌ترین تجمع ماده خشک به میزان ۱۳۸۸ گرم در مترمربع مربوط به رقم سینا و کمترین آن هم به میزان ۱۰۷۴ گرم در مترمربع مربوط به محلی عجب‌شیر بود. هم‌چنین در تنش گل‌دهی بیش‌ترین تجمع ماده خشک متعلق به رقم فرامان با میانگین ۱۱۰۳ گرم در مترمربع و کمترین تجمع ماده خشک در این تیمار نیز متعلق به ارقام محلی عجب‌شیر، PI و Mec11 بوده است (شکل ۳). نتایج بدست آمده از این آزمایش با گزارش سالچی (۱۳۸۷) مبنی بر اینکه تنش خشکی در مرحله‌گلدی باعث کاهش تجمع ماده خشک در بوته می‌شود مطابقت دارد. ایشان در تحقیق خود کاهش ۳۱/۲۸ درصدی عملکرد دانه را در تیمارهای تحت تنش رطوبتی در مقایسه با شاهد گزارش نمود. پژوهشگران معتقدند کاهش میزان کربوهیدرات‌ها و کاهش تولید ماده خشک گیاه از اثرات قطعی افزایش تنش خشکی می‌باشد (گراوال^۱ و همکاران، 1984، کیتینگ و کوپرا^۲، ۱۹۸۴). ترنر و سویرادو^۳ (1987) نیز اظهار داشتند کمبود آب در آفتابگردان میزان فتوسنتز خالص را تحت تأثیر قرار داده، لذا وزن خشک برگ‌ها، ریشه‌ها و ساقه‌ها کاهش می‌یابد.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که، اثر رقم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار ولی اثر تنش آبی و اثر متقابل رقم و تنش آبی معنی‌دار نگردید (جدول ۲). عدم تأثیر تنش‌های مختلف روی ارتفاع به این علت است که گیاه در زمان اعمال تنش (تنش از مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی) به حداکثر میزان ارتفاع خود رسیده، بنابراین با اعمال تنش تغییری در آن ایجاد نشده است. در گلرنگ ارتفاع بوته قبل از مرحله زایشی تعیین گردیده، با شروع مرحله زایشی و شکفتن گل‌ها رشد طولی متوقف می‌گردد، بنابراین تنش آبی در مرحله زایشی تغییری در ارتفاع بوته ایجاد نمی‌نماید (فرخی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۰). مقایسه میانگین اثر رقم (جدول ۴) بیانگر این است که بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به رقم محلی عجب‌شیر به میزان ۶۵/۴۰ سانتی‌متر

1. Aggrawal
2. Keating and Cooper
3. Turner and Sobrado

4. Esendal

زرقان ۶ با میانگین ۲۰ دارای بیشترین تعداد دانه در طبق بوده که با رقم‌های محلی عجب‌شیر، PI و Mec11 تفاوتی نداشتند. کمترین تعداد دانه در طبق نیز متعلق به رقم‌های سینا و فرامان بوده است (جدول ۳). نتایج برخی از پژوهش‌گران نشان‌دهنده این موضوع است که تنش خشکی در مرحله گل‌دهی باعث اختلال در تلقیح و کاهش گلچه و در نتیجه کاهش تعداد دانه در طبق شده، هر چه زمان تنش به مرحله گل‌دهی نزدیک‌تر باشد، کاهش تعداد دانه در طبق بیشتر است (یزدی صمدی، ۱۳۷۵؛ توکلی، ۱۳۸۱). خشکی در مرحله گل‌دهی باعث خشک شدن دانه گرده و افت میزان گل تلقیح شده، در نتیجه افزایش درصد دانه‌های پوک در طبق و یا کاهش تعداد دانه در طبق گردیده است (ولک و همکاران، ۲۰۰۴).

وزن هزار دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تنش آبی در سطح ۵ درصد و اثر رقم در سطح ۱ درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بوده درحالی‌که اثر متقابل تنش آبی و رقم معنی‌دار نگردید (جدول ۲). تیمارهای بدون تنش و تنش گل‌دهی به‌ترتیب با میانگین ۴۶/۰۹ و ۳۴/۳۰ گرم دارای بیشترین و کمترین میزان وزن هزار دانه بودند (جدول ۲) که با نتایج باغخانی و فرح‌بخش (۱۳۸۷) در خصوص اثر تنش خشکی در مرحله گل‌دهی بر رقم‌های گلرنگ مطابقت دارد. به‌نظر می‌رسد کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی، به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و پیری زودرس بوده است (رستمی، ۱۳۸۳). بر مبنای نتایج به‌دست آمده رقم سینا و رقم فرامان به ترتیب با وزن هزار دانه ۵۰/۵۳ و ۴۶/۷۳ گرم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده در صورتی‌که رقم‌های محلی عجب‌شیر، محلی زرقان، PI و Mec11 که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، کمترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). بیش‌تر بودن وزن هزار دانه در رقم سینا و فرامان را می‌توان به کمتر بودن تعداد دانه در طبق این ارقام نسبت داد، که این امر منجر به اختصاص مواد فتوسنتزی بیش‌تر به تکدانه و در نتیجه باعث افزایش وزن هزاردانه شده است (جدول ۴). نتایج به‌دست آمده با نتایج گزارش شده توسط محمودیه چمپیری (۱۳۸۲) مبنی بر تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر وزن هزار دانه مطابقت دارد.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس صفت عملکرد دانه نشان داد که اثر تنش آبی در سطح ۵ درصد و اثر رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین کاهش عملکرد دانه با ۵۹/۸ درصد در تیمار تنش گل‌دهی و کمترین کاهش عملکرد در تنش دانه‌بندی به میزان ۲۹/۷ درصد حاصل گردید (جدول ۳). در این آزمایش رقم سینا با عملکرد دانه ۱۷۳۷/۸۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین و رقم محلی عجب‌شیر و محلی زرقان ۶ به‌ترتیب با عملکرد ۱۱۱۰ و ۱۱۷۵ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را دارا بودند (جدول ۴). به نظر می‌رسد در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی تنش خشکی منجر به کوچک شدن سطح برگ، کاهش شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول گردیده، در نتیجه تجمع ماده خشک و عملکرد دانه در این مرحله کاهش پیدا می‌کند. به‌طورکلی، از آنجایی‌که کاهش دوره پر شدن دانه، کوچک شدن دانه و کاهش وزن دانه از دلایل کاهش عملکرد در مرحله زایشی می‌باشند، لذا کاهش عملکرد می‌تواند به‌واسطه کاهش تعداد دانه در تیمار تنش گل‌دهی و کاهش وزن هزار دانه در تیمار تنش دانه‌بندی باشد. ماریتا و مولدون^۲ (۱۹۹۵) در بررسی‌های خود اعلام نمودند که در مراحل رشد سریع ساقه و گل‌دهی گلرنگ، رژیم‌های متفاوت آبیاری موجب کاهش چشم‌گیر عملکرد دانه در هکتار می‌گردند، ایشان اظهار داشتند که حساس‌ترین مرحله نیاز به آب در گلرنگ مرحله گل‌دهی بوده، هم‌چنین بیش‌ترین عملکرد زمانی به‌دست می‌آید که تنها یک‌بار آبیاری در مرحله گل‌دهی انجام شده باشد.

جدول ۲: جدول تجزیه واریانس صفات اندازه گرفته شده ارقام گلرنگ بهاره در سطوح مختلف آبیاری

Table 2: Analysis of variance of measured traits in spring safflower cultivars at different irrigation levels

میانگین مربعات Mean of squares											درجه آزادی	منبع
عملکرد روغن	درصد روغن Oil percentage	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	تعداد دانه در طبق No. of Seed in capitule	تعداد طبق در بوته No. of Capitule per plant	تعداد ساقه فرعی No. of Lateral stem	ارتفاع بوته No. of Plant height	حداکثر تجمع ماده خشک MAX Total dry matter	DF	S.O.V.
12.53 ^{ns}	0.66 ^{ns}	0.36 ^{ns}	206 ^{ns}	46.51 ^{ns}	5.20 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.11 ^{ns}	114.50 ^{ns}	7082 ^{ns}	2	بلوک Block
343.21 ^{**}	4.61 [*]	0.07 ^{ns}	1632 [*]	1211.17 [*]	163 [*]	5.60 [*]	0.57 ^{ns}	0.15 ^{ns}	206.91 ^{ns}	855014 ^{**}	2	تنش آبی Water stress
19.79	0.22	0.24	196	79.66	67	0.46	0.96	0.22	221.81	864	4	خطای 1 Error 1
15.71 [*]	19.80 ^{**}	0.19 [*]	79 ^{ns}	96.02 ^{**}	462 ^{**}	0.66 [*]	0.38 ^{ns}	0.16 [*]	67.07 [*]	108120 ^{**}	5	رقم Cultivar
3.62 ^{ns}	1.77 ^{**}	0.01 ^{ns}	48 ^{ns}	16.92 ^{ns}	17 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.01 ^{ns}	26.70 ^{ns}	14090 ^{**}	10	تنش آبی × رقم C×W
4.47	0.39	0.06	71.51	15.93	25	0.26	0.18	0.05	27.24	2184	30	خطای 2 Error 2
11	2	7.90	12	10	12.7	12	12.40	8.60	7.7	4		ضریب تغییرات C.V (%)

ns, * و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و غیرمعنی دار

ns, * and **: no significat, significat at P<0/05 and P<0/01 respectively

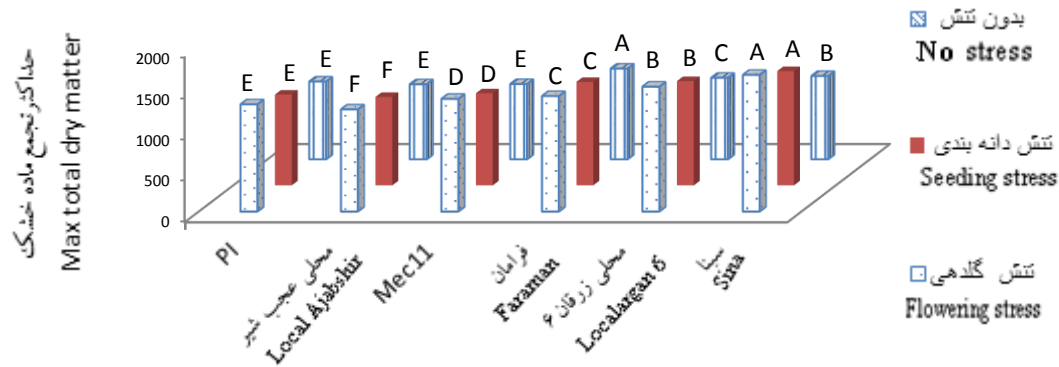
جدول ۳: مقایسه میانگین صفات اندازه گرفته شده گلرنگ بهاره در شرایط مختلف تنش آبی

Table 3: Mean comparison of measured traits in spring safflower cultivars in different levels of water stress

عملکرد روغن	درصد روغن	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در طبق	سطح تنش خشکی
Oil yield (Kg/ha)	Oil percentage (%)	Biological yield (Kg/ha)	Seed yield (Kg/ha)	1000 grain weight (g)	Seed in capitulum	Water stress level
554.02a	26.67a	6175a	1996.71a	46.09a	20/81a	بدون تنش No stress
293.60c	25.7b	3532c	801.40c	34.30b	12.30b	تنش گل‌دهی Flowering stress
370.64b	26.52a	5233b	1402.20b	38.85ab	19.60a	تنش دانه‌بندی Seeding stress

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مورد بررسی می‌باشد

Means for each variable followed by the same letter are not significantly different



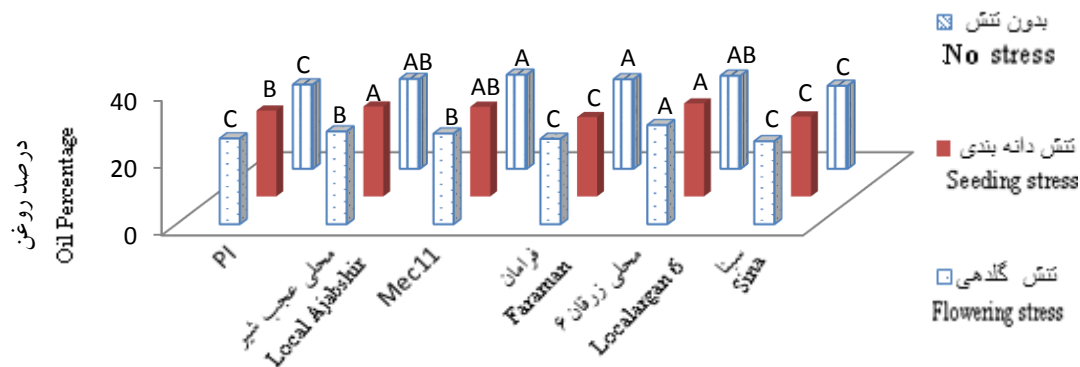
شکل ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح تنش آبی و رقم بر بیشینه تجمع ماده خشک کل ارقام گلرنگ بهاره

Fig. 3: Mean comparison of interaction effect between water stress levels and cultivar for TDM_{max}

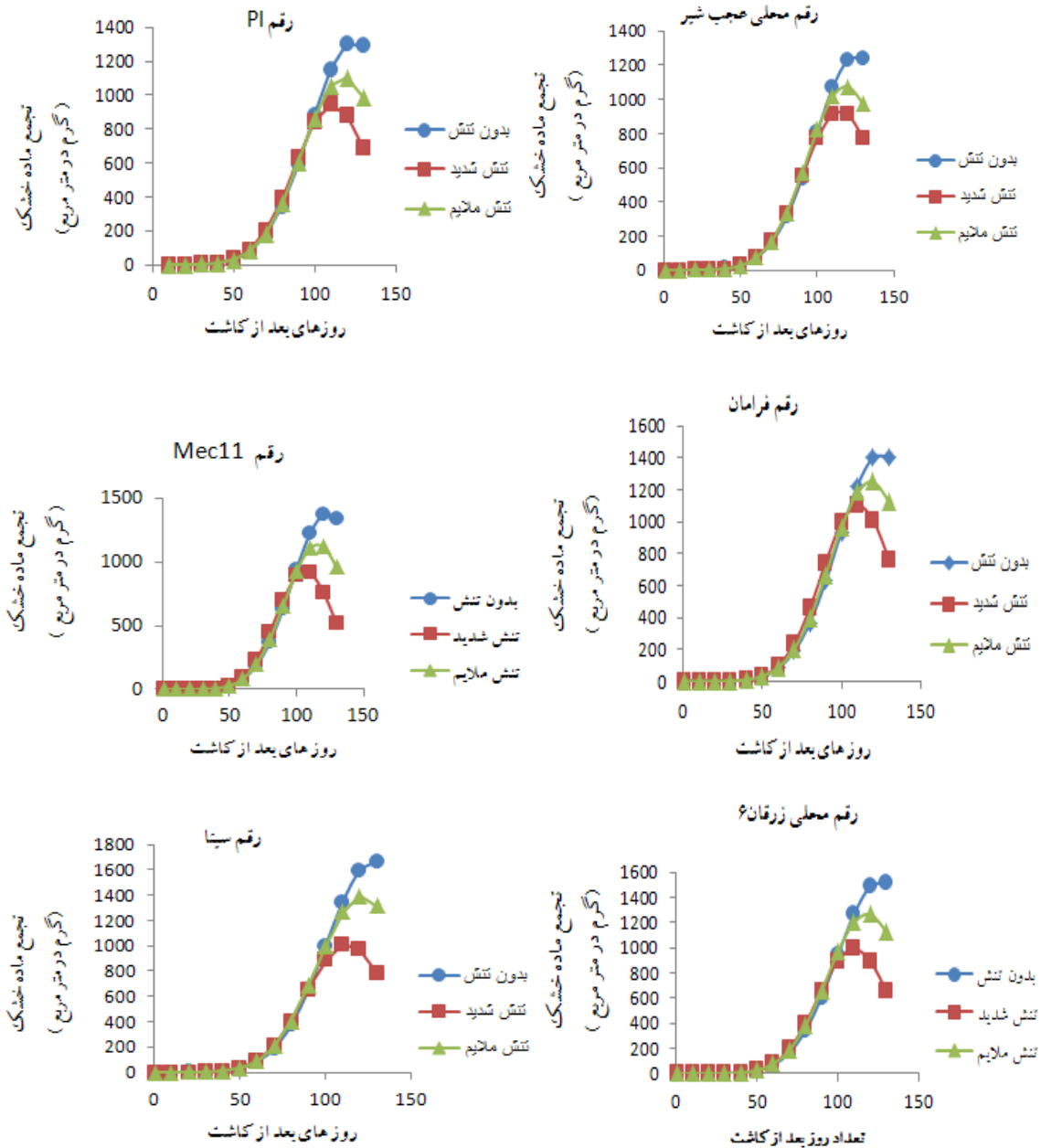
جدول ۴: مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات اندازه‌گیری شده ارقام گلرنگ بهاره
Table 4: Mean comparison of measured traits in spring safflower cultivars

میانگین مربعات Mean of squares							
رقم	ارتفاع	تعداد ساقه فرعی	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	عملکرد روغن
Cultivar	Plant height	Lateral stem	Seed in capitulum	1000.Seed weight	Seed yield	Harvest index	Oil yield
PI	60.10ab	6b	18ab	34.09b	1445b	35.20a	367b
محلی عجب شیر Local Ajabshir	65.40a	8a	19ab	34.08b	1110c	24.11b	301.40c
Mec11	61.07ab	7ab	18ab	37.58ab	1522ab	30ab	414.80a
فرامان Faraman	57.8b	8a	15c	46.73a	1406b	27.60ab	343.70bc
محلی زرقان ۶ Local Zarghan6	61.60ab	8a	20a	33.43b	1175c	23.10b	373.71b
سینا Sina	58.56b	8a	14c	50.53a	1737.80a	32a	426.30a

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مورد بررسی می‌باشد
Means for each variable followed by the same letter are not significantly different



شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح تنش آبی و رقم بر درصد روغن ارقام گلرنگ بهاره
Fig. 5: Mean comparison of interaction effect between water stress levels and cultivar on oil percentage of spring safflower cultivars



شکل ۴: روند تغییرات تجمع ماده خشک بر حسب گرم در متر مربع تحت شرایط مختلف رطوبتی در ارقام گلرنگ بهاره
 Fig. 4: Trend of during growing season TDW in spring safflower cultivars under different water conditions

عملکرد بیولوژیک

شاخص برداشت در شرایط کمبود آب اهمیت زیادی دارد. بنا به اظهار نظر سین کلیر^۴ و همکاران (1990) شاخص برداشت بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های رویشی گیاه و دانه می‌باشد. همچنین یافته‌های ایشان حاکی از ثابت بودن شاخص برداشت در شرایط تنش می‌باشد، زیرا همان‌طور که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود وزن خشک کل را نیز کاهش می‌دهد.

درصد روغن دانه

اثر تنش آبی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر رقم و همچنین اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). همچنین تیمار بدون تنش و تنش دانه‌بندی به- ترتیب با ۲۶/۶۷ و ۲۶/۵۲ درصد بیش‌ترین درصد روغن را دارا بوده در یک گروه قرار گرفتند در حالی که، تیمار تنش گل‌دهی با ۲۵/۷۳ درصد کم‌ترین میزان روغن را به خود اختصاص داد (جدول ۳). نتایج مطالعات توکلی (۱۳۸۱) نشان داده است که درصد روغن دانه گلرنگ در اثر اعمال تنش تغییر اندکی می- یابد. از جمله دلایلی که برای تغییرات اندک درصد روغن در شرایط تنش دانه‌بندی می‌توان ذکر نمود این است که مقدار روغن دانه صفتی کمی بوده توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌گردد، لذا در شرایط تنش آبی احتمال آسیب دیدن تمامی ژن‌های کنترل‌کننده این صفت کم می‌باشد. همچنین از آنجایی که درصد روغن دانه از تقسیم مقدار روغن موجود در دانه به کل وزن دانه که شامل پوست و فیبر می‌باشد به دست می‌آید، با کاهش وزن کل دانه در نتیجه اعمال تنش آبی، کاهش زیادی در درصد روغن دانه ملاحظه خواهد گردید (توکلی، ۱۳۸۱). از طرفی بزرگر (۱۳۸۷) در بررسی رقم‌های گلرنگ در اصفهان اعلام نمود که بین رقم‌های مورد بررسی از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری وجود نداشته نامبرده میانگین درصد روغن را ۲۹/۶ درصد گزارش نموده است. بررسی اثر متقابل بین رقم و تنش آبی نشان داد که با افزایش تنش خشکی درصد روغن دانه در شش رقم مورد آزمایش نسبت به تیمار بدون تنش کاهش یافته اما میزان کاهش درصد روغن در همه ارقام یکسان نبوده است. رقم محلی زرقان ۶ در شرایط بدون تنش و تنش گل‌دهی از درصد روغن بالاتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بود (شکل ۵).

بین سطوح مختلف تنش از نظر عملکرد بیولوژیک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). بیش‌ترین کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش گل‌دهی به میزان ۴۳ درصد و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک نیز در تنش دانه‌بندی به میزان ۱۵ درصد بوده است (جدول ۳). در شرایط بدون تنش، دوام سطح برگ سبب به وجود آمدن منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده بیشتر از نور و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک می‌گردد. کاهش عملکرد بیولوژیک ناشی از کاهش تجمع ماده خشک بوده است. از آنجایی که در مرحله گل‌دهی نیز گیاه تجمع ماده خشک را ادامه می‌دهد، قطع آبیاری در این مرحله باعث آسیب بیشتری به روند تجمع ماده خشک و در نهایت عملکرد بیولوژیک می‌گردد، در حالی که با قطع آبیاری در مراحل دانه‌بندی خسارت کم‌تر می‌شود. کاهش تجمع ماده خشک یا عملکرد بیولوژیک با قطع آبیاری در گیاه گلرنگ توسط حیدری و آساد^۱ (1998) نیز گزارش شده است. مظفری و همکاران (۱۳۷۵) نیز با مطالعه اثر تنش خشکی در آفتابگردان اعلام نمودند که تنش رطوبتی سبب کاهش شدید عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه می‌شود.

شاخص برداشت

شاخص برداشت معیاری از کارایی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه است در پژوهش حاضر تنها اثر رقم بر شاخص برداشت از نظر آماری معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیش‌ترین شاخص برداشت مربوط به ارقام PI و سینا بوده که مقدار آن برای هر یک به ترتیب برابر ۳۵/۲ و ۳۲ درصد بوده است (شکل ۳). عدم تغییر شاخص برداشت در اثر تنش آبی توسط فرید و احسان‌زاده^۲ (2006) در گلرنگ گزارش شده است. به نظر می‌رسد در مدیریت نوین گیاهان زراعی شاخص برداشت یک رقم معین، صفت ثابتی است که حتی در شرایط تنش تغییر اندکی می‌نماید (عشق‌زاده و احسان‌زاده^۲، 2009)، که توجیه فوق با یافته‌های پژوهش حاضر نیز مطابقت دارد. از آنجایی که یکی از اجزای محاسبه شاخص برداشت عملکرد دانه است، تغییرات شاخص برداشت وابستگی زیادی به تغییرات عملکرد دانه دارد. با توجه به این که شاخص برداشت از نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیکی حاصل می‌گردد، هر عاملی که عملکرد دانه را بیشتر از وزن خشک کل تحت تأثیر قرار دهد باعث تغییر شاخص برداشت می‌گردد. بنابراین حفظ

1. Haydari and Assad
2. Farid and Ehsanzadeh
3. Eshghizade and Ehsanzadeh

4. Sinclair

عملکرد روغن

در این مطالعه اثر تنش آبی و اثر رقم بر روی عملکرد روغن معنی‌دار اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار نشد (جدول ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کاهش عملکرد روغن به ترتیب در تنش گل‌دهی و تنش دانه‌بندی با ۴۷ و ۳۳ درصد حاصل گردید (جدول ۳). یافته‌ها حاکی از این است که عملکرد روغن گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد (خلیلی، ۱۳۷۶). کاهش عملکرد روغن در تنش گل‌دهی نه تنها به دلیل کاهش درصد روغن دانه، بلکه به دلیل تأثیر سوء تنش کمبود آب بر وزن دانه و عملکرد دانه که در نهایت بر عملکرد روغن تأثیر می‌گذارد، می‌باشد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد روغن متعلق به رقم‌های سینا و Mec11 به ترتیب با ۴۲۶/۳ و ۴۱۴/۸۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار مربوط به رقم محلی عجب‌شیر به میزان ۳۰۱/۴۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار صفات مورد بررسی به استثناء تعداد ساقه فرعی، ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته و شاخص برداشت گردید. همچنین بیش‌ترین تأثیر تنش خشکی بر روی صفات عملکرد روغن در مرحله تنش گل‌دهی، ناشی از کاهش در وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و کاهش در میزان تجمع ماده خشک در اثر تنش خشکی بوده است. تنش کم آبی در مرحله گل‌دهی و دانه‌بندی به ترتیب ۵۹/۸۱ و ۲۹/۸۰ درصد عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد کاهش داده رقم سینا از لحاظ عملکرد دانه، عملکرد روغن و وزن هزار دانه دارای بیش‌ترین میزان در شرایط نرمال، تنش گل‌دهی و تنش دانه‌بندی بوده در حالی که رقم محلی عجب‌شیر جزء کم بازده‌ترین و ضعیف‌ترین ارقام تأیید نموده است.

منابع

- احمدی، م. ر. و امید، ا. ح. ۱۳۷۳. گزارش تحقیقات گلرنگ. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.
- امیدی، ا. ح. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی در مراحل رشدی مختلف بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره. مجله به‌زراعی نهال بذر. ۲-۳۱، ۱۵-۱۵.
- امیدی تبریزی، ا. ح.، احمدی، م.، شهنساری، م. و کریمی، س. ۱۳۷۶. بررسی پایداری عملکرد دانه و روغن در چند رقم و لاین گلرنگ زمستانه. نهال و بذر، ۱۶ (۲)، ۱۳۰-۱۴۵.
- باغخانی، ف. و فرحبخش، ح. ۱۳۸۷. اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره. پژوهش کشاورزی (آب، خاک و گیاه در کشاورزی). جلد ۸، ۲، ۴۵-۵۷.
- برزگر، ا. ب. ۱۳۸۷. بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و الگوی توزیع آن در گلرنگ. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوزستان (اصفهان)، صفحه ۱۷۰.
- سپهری، ع.، مدرس ثانوی، س. ع. م.، قره‌ریاضی، ب. و، ویمینی، ع. ۱۳۸۱. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو و عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. ۴ (۳)، ۱۸۴-۲۰۰.
- سیروس مهر، ع.، شکیبا، م.، آلیاری، ه.، تورچی، م. و دباغ محمدی نسب، ع. ۱۳۸۷. اثر تنش کمبود آب و تراکم بوته بر عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک ارقام گلرنگ پاییزه. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۸، ۷۸-۸۷.
- شالچی، م. ۱۳۸۷. تأثیر تنش کمبود آب در مراحل رشد رویشی و زایشی بر فنولوژی جنبه‌های مورفوفیزیولوژیک عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره، پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه بوعلی سینا. صفحه ۱۵۶.
- شالچی، م.، سپهری، ع. و احمدوند، گ. ۱۳۸۶. ویژگی‌های رشد، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و میزان روغن سه رقم گلرنگ تحت تنش خشکی در همدان. پژوهش کشاورزی (آب خاک و گیاه در کشاورزی)، ۷ (۴)، ۷۱-۸۵.
- شهنساری، ل. ۱۳۸۰. گزارش نهایی انتخاب لینه خالص در توده گلرنگ محلی استان اصفهان به شماره طرح ۷۸۲۸۱-۱۲-۱۰۰. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر اصفهان.
- فراست، م.، ساجدی، ن. و میرزاخانی، م. ۱۳۸۷. واکنش صفات گیاهی چهار ژنوتیپ گلرنگ در شرایط تنش کمبود آب، یافته‌های نوین کشاورزی، ۳ (۱)، ۶۷-۸۸.
- فرخی‌نیا، م.، رشدی، م.، پاسبان اسلام، ب. و ساسان دوست، ر. ۱۳۹۰. بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب، مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲ (۳)، ۵۵۳-۵۴۵.
- کوچکی، ع. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، صفحه ۳۵۶.
- کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ح. ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی. چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۴۶۷.
- محمودیه چمپیری، ر. ۱۳۸۲. سهم فتوسنتز گل آذین و برگ‌های فوقانی چهار رقم گلرنگ در عملکرد دانه و اجزا آن در اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- مظفری، ک.، عرشی، ی. و زینالی خانقاه، ح. ۱۳۷۵. بررسی اثر خشکی در برخی از صفات مورفولوژیکی و اجزاء عملکرد دانه آفتابگردان. مجله نهال و بذر، ۱۲ (۳)، ۲۴-۳۳.
- نادری درباغشاهی، م. ر.، نور محمدی، ق.، مجیدی، ا.، دویش، ف.، شیرانی راد، ا. ح. و مدنی، ح. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر صفات اکوفیزیولوژیکی سه لاین گلرنگ در کاشت تابستانه در اصفهان. مجله نهال و بذر، ۲۰ (۳)، ۲۹۶-۲۸۱.
- نورمند موید، ف. ۱۳۸۳. مقایسه سهم فتوسنتز گل آذین و برگ‌های مجاور آن در تشکیل و تولید دانه تحت شرایط مختلف رطوبت مزرعه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحه ۱۸۰.
- یزدی‌صمدی، ب. ۱۳۷۵. بررسی مقاومت به خشکی در ارقام ایرانی و خارجی گلرنگ. مجله علوم کشاورزی ایران، ۶، ۲-۱۱.
- 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 pp.168-169. C.A.B. International, UK.
- Akhtarbeg, H. and Pala, M. 2001. Prospects of safflower (*Carthamus tinctorius*) production in Dryland Areas of Iran. 5th International Safflower Conference, Montana, USA, 167-173.
- Buttery, B. R. 1988. Analysis of the growth of soybean as affected by plant population and fertilizer. Canadian Journal of Plant Science, 49: 675-681.
- Elings, A. 2000. Estimation leaf area in tropical maize. Agronomy Journal, 92: 436-444.
- Erie, L. J. and French, O. F. 1987. Growth Yield, and yield components of safflower as affected by irrigation regimes. Agronomy Journal, 61: 111-113.

- Esendal, E., Istanbuluoglu, A., Arslana, B. and Paşaa, C. 2008. Effect of water stress on growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.). 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, Australia
- Eshghizade, H. R. and Ehsanzadeh, P. 2009. Maize hybrids performance under differing irrigation regimes: 1-chlorophyll fluorescence, growth and grain yield. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 40: 144-135.
- FAO STAT FAO statistics division. 2013/15 September 2013.
- Farid, N. and Ehsanzadeh, P. 2006. Yield and yield components of spring sown safflower genotypes and their response to shading on inflorescence and the adjacent green tissue in Isfahan. Journal of Science & Technology of Agriculture & Natural Resources, 10: 189-199.
- Hang, I. N. and Evans, D. W. 1985. Deficit sprinkler irrigation of sunflower and sufflower. Agronomy Journal, 77: 588-592.
- Hashemi Dezfouli, A. 1994. Growth and yield of safflower as affected by drought stress. Crop Research Hisar, 7: 313-319.
- Haydari, H. and Assad, M. T. 1998. Effects of irrigation regimes, nitrogen fertilizer and plant density on seed yield of safflower cultivar Zargan 279 in Arsanjan region. Abstracts of the 5th Iranian Congress of Crop Sciences, Karaj, Iran, 41-45.
- 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.
- Keatinge, J. D. H. and Cooper, P. J. M. 1984. Physiological and moisture use studies on growth and development of winter sown chickpea. In Saxena, M. C. and Singh, K. B. (eds). Ascochyta blight and winter sowing of chickpeas. World crops: production, utilization, description pp. 141-177.
- Leonard, J. E. and French, D. F. 1969. Growth, yield and yield component of safflower as affected by irrigation regimes. Crop Science, 61: 111-113.
- Marita, T., and Muldoon, D. 1995. Effect of irrigation schedules and new spacing on the yield of safflower. Journal of Oilseed Research, 7: 307-308.
- Moayedi, A. A. Boyce, A. N. and Barakbah, S. S. 2009. Influence of water deficit during the different growth and developmental stages on the contribution of stored pre-anthesis assimilates to grain in selected durum and bread wheat genotypes. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3: 4408-4415
- Oelke, E. A., Oplinger, E. S. and Teynor, T. M. 2004. Safflower. University of Minnesota, pp. 97-109.
- Unger, W. and Paul, W. 1982. Time and frequency of irrigation effects on sunflower production and water use. Soil Science, 46: 1072-1076.
- Sio- Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Research, 98: 222-229.
- Sinclair, T. R., Bennett, J. M. and Muchow, R. C. 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. Crop Science, 30: 690-693.
- Turner, N. C. and Sobrado, M. 1987. Photosynthesis, dry matter accumulation and distribution in the wild sunflower and the cultivated sunflower as influenced by water deficits. Field Crop Abstract, 44: 435- 438.

Evaluation of Water Stress Effect on Growth and Yield of Spring Safflower

Yari¹, P., Keshtkar^{2*}, A. H. and Sepehri³, A.

Abstract

To evaluate the effect of water stress on growth and grain yield of spring safflower (*Carthamus tinctorious* L.) at reproductive stage, an experiment as a split plot on the frame of randomized complete block design with three replications was performed in Bu-Ali Sina university research field in spring season of 1391. Water stress as the main factor consisted of three irrigation levels such as normal irrigation, no irrigation from %50 flowering stage (flowering stress) and no irrigation from start of the seeding stage (seeding stress) were placed in main plots, and six cultivars of safflower including PI, local Ajabshir, Mec11, Faraman, Zarghan6 and Sina as the second factor were compared in three levels of irrigation treatments. Results indicated that water stress caused a significant reduction in all traits except of number of lateral stem, plant height, number of heads per plant and harvest index. The most effect of water stress on the studied characters was observed at the flowering stage. Water stress at flowering and seeding stages also caused 59/81 and 29/80 percent reduction in seed yield compared to control (non stress). At the flowering stage, reduction of seed yield and oil yield was due to reduction in the number of seeds in head, 1000 seed weight, and at the seeding stage was because of decrease in 1000 seed weight. Sina and local Ajabshir had maximum and minimum seed yield and oil yield, respectively at the flowering and seeding stages.

Keywords: Yield components, Seeding, Growing index, Flowering and reproductive stage

1. MSc student of Plant Breeding, Bu Ali Sina University, Hamedan

2 and 3. Assistant Professors, Department of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali Sina University, Hamedan

*: Corresponding author Email: akesht@gmail.com