

اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره

فاطمه باغخانی¹ و حسن فرحبخش²

چکیده

این بررسی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی 1384 به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. تنش خشکی به صورت قطع آبیاری بعد از مرحله ساقه رفتن (تنش شدید)، قطع آبیاری بعد از مرحله غنچه دهی (تنش متوسط) و قطع آبیاری بعد از مرحله گلدهی (تنش ملایم) اعمال شد. آبیاری کامل گیاه در تمام مراحل رشدی به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. ارقام مورد آزمایش شامل رقم محلی اصفهان، رقم IL و رقم LSP بودند. نتایج نشان داد تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد طبق در بوته، درصد روغن دانه، محتوی نسبی آب برگ و سطح ویژه برگ گردید و صفاتی چون درصد پروتئین دانه و غلظت پرولین برگ در شرایط تنش افزایش نشان دادند. بنابراین گیاه گلرنگ در برخورد با تنش خشکی از نظر فیزیولوژیکی به طرق مختلفی واکنش نشان می‌دهد، از یک طرف با افزایش انباشت پرولین (تنظیم اسمزی) به تنش خشکی واکنش نشان داده و از طرفی با کاهش سطح ویژه برگ (افزایش ضخامت برگ) در شرایط تنش، ضمن کاهش میزان تلفات آب، محتوی نسبی آب برگ را در حد مطلوب حفظ می‌نماید. ضمناً تنش خشکی بر صفاتی چون تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و شاخص برداشت تاثیر معنی‌داری نداشت. در میان ارقام مورد آزمایش رقم محلی اصفهان با بیشترین تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق، بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داد. در همه ارقام با افزایش تنش خشکی درصد روغن دانه کاهش و درصد پروتئین دانه و غلظت پرولین افزایش یافت. رقم محلی اصفهان با بیشترین مقادیر مربوط به درصد روغن و پروتئین دانه برتری خود را نسبت به دو رقم دیگر نشان داد و بدون اختلاف معنی‌دار با رقم IL دارای غلظت پرولین بیشتری نسبت به رقم LSP بوده و از طریق انباشت پرولین (تنظیم اسمزی) به تنش خشکی واکنش نشان داد. به طور کلی تنش شدید و متوسط اثر منفی و معنی‌داری بر اغلب صفات اندازه‌گیری شده داشت، ولی تنش ملایم اثر منفی معنی‌داری بر این صفات نداشت. از این رو با اعمال تنش ملایم (قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی) در گلرنگ ضمن کاهش هزینه‌های تولید می‌توان به عملکرد و درصد روغنی برابر با شاهد دست یافت.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و درصد پروتئین دانه

مقدمه

جنبه‌های رشد گیاه شامل جنبه‌های فیزیولوژیکی و آناتومیکی از جمله باز و بسته شدن روزنه‌ها تاثیر می‌گذارد. زیرا آماس سلول‌های محافظ روزنه بستگی به مقدار آب دارد (کوچکی و سرمدنیا، 1379). این عکس-العمل، اثر بسیار مهمی در تولید دارد، چون مقدار گاز کربنیک جذب شده از طریق برگ، فتوسنتز را مستقیماً کنترل می‌نماید در نتیجه تولید ماده خشک و عملکرد دانه تحت تاثیر قرار می‌گیرد (سرمدنیا و کوچکی، 1378). از طرف دیگر عملکرد دانه نتیجه همبستگی بین اجزا عملکرد می‌باشد، کاهش در اجزا عملکرد باعث کاهش عملکرد دانه و به دنبال آن عملکرد در واحد سطح می‌گردد (هاشمی دزفولی و همکاران، 1375). گیاهان معمولاً از دو راهبرد عمده اجتناب و تحمل تنش برای مقابله با تنش خشکی استفاده می‌نمایند. (آسپینال و پالگ، 1981). تنظیم اسمزی به‌عنوان جزئی مهم از راهبرد تحمل به تنش خشکی، عبارت است از کاهش در پتانسیل شیره سلولی به‌علت افزایش در غلظت مواد محلول (زانگ و همکاران، 1999). در بین مواد محلول شناخته شده احتمالاً پرولین گسترده‌ترین نوع آن‌هاست و به‌نظر می‌رسد تجمع آن در فرایند سازگاری به تنش خشکی در بسیاری از گلکوفیت‌ها دخالت دارد (یوشیبا و همکاران، 1997؛ ترک نژاد و حیدری، 1379). در گلرنگ نیز ثابت شده است که با افزایش سن گیاه تجمع پرولین بیشتر شده و این افزایش با کاهش محتوی رطوبت نسبی گیاه و رطوبت خاک همبستگی دارد، به‌طوری که تنش خشکی موجب افزایش معنی‌داری در میزان پرولین برگ‌ها می‌شود (نینگانور و همکاران، 1995) که این تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند تا در دوره کوتاهی پس از اعمال تنش خشکی زنده مانده و بتواند پس از رفع تنش، رشد خود را بازیابی کند و بنابراین اثر مثبتی بر عملکرد خواهد داشت (سانچز و همکاران، 1998). گلرنگ یکی از گیاهان روغنی بومی خاورمیانه است و از خصوصیات برجسته‌ای، مانند مقاومت به خشکی و شوری، استعداد کشت در زمین‌های حاشیه‌ای، کیفیت مطلوب روغن و مصارف متعدد دارویی و صنعتی برخوردار است (فروزان، 1378). سطح زیر کشت آن به‌دلایلی از جمله عدم قابلیت رقابت با سایر

خشکی شایع‌ترین تنش محیطی است که به‌طور تقریبی موجب محدودیت تولید در 25 درصد از اراضی جهان شده است (هاشمی دزفولی و همکاران، 1375). به طوری که خشک‌سالی سال 1377-1378 در ایران موجب کاهش حدود 2 میلیون هکتار (معادل 16/3 درصد) در سطح کاشت و 5 میلیون تن (معادل 9/3 درصد) در تولید محصولات زراعی گردید. میزان ریزش‌های آسمانی یا آب آبیاری از مهم‌ترین عوامل موثر در عملکرد گیاهان زراعی به‌شمار می‌روند، کاهش محتوی نسبی آب برگ (RWC^1) تحت شرایط خشکی باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی می‌گردد (جهان‌بین، 1382). محققین زیادی با بررسی گیاهان مختلف اظهار داشتند که محتوی نسبی آب برگ‌ها به این دلیل که با حجم سلول مرتبط است، می‌تواند به‌عنوان شاخص سنجش میزان تنش مورد استفاده قرار گیرد و معیار بهتری برای بیان وضعیت آب گیاه در مقایسه با پتانسیل آب باشد (گود و استیون، 1994 و خزاعی، 1381). از طرف دیگر تنش خشکی معمولاً با کاهش سطح برگ همراه است، شروع تشکیل برگ در مریستم‌ها و توسعه بعدی سطح برگ در پتانسیل پایین آب برگ کاهش می‌یابد و حتی ممکن است متوقف شود. شواهد موجود حاکی از کاهش تقسیم سلولی نیز می‌باشد اما به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد که نمو سلول نسبت به کاهش پتانسیل آب حساس‌تر از تقسیم سلولی است (کریدمن، 1986). کمبود آب علاوه بر تاثیر بر توسعه برگ، می‌تواند از طریق ریزش برگ‌ها در طول مراحل رشد، بر سطح برگ موثر باشد. در زمینه تاثیر کمبود آب بر عملکرد گیاهان زراعی مطالعات گسترده‌ای انجام شده است و نتایج این مطالعات نشان می‌دهند که میزان تاثیر کمبود آب بر عملکرد دانه به سه عامل مرحله رشدی گیاه در هنگام وقوع کمبود، شدت کمبود و هم‌چنین طول مدت کمبود بستگی دارد (سرمدنیا و کوچکی، 1378). به‌طور کلی بسیاری از فرایندهایی که در گیاه صورت می‌پذیرد به‌طور مستقیم و یا غیر مستقیم به وجود آب بستگی داشته و کمبود آب بر تمام

تیمارها ثابت بود و با توجه به دبی یکسان خروجی‌ها (لوله‌های پلاستیکی) و زمان آبیاری برای تمام تیمارها یکسان بود. زمین محل انجام آزمایش در اوایل اردیبهشت ماه شخم نیمه عمیق و سپس در جهت عمود برهم 2 بار دیسک زده شد. عملیات جمع‌آوری بقایای علف‌های هرز با استفاده از هرس انجام گرفت. با توجه به نتایج آزمون خاک کود سوپر فسفات تریپل به میزان 150 کیلوگرم درهکتار و نیمی از کود اوره مورد نظر (100 کیلوگرم درهکتار) توسط دیسک قبل از کاشت با خاک مخلوط گردید و با توجه به نتایج تجزیه خاک نیازی به کود پتاسه نبود (جدول 2).

از شیار ساز برای ایجاد جوی و پشته‌هایی به عرض 40 سانتی‌متر استفاده شد. هر کرت شامل 5 ردیف کاشت به طول 4 متر بود. برای جلوگیری از نفوذ جانبی آب بین کرت‌ها 2 متر و بین تکرارها 4 متر فاصله در نظر گرفته شد. کاشت به صورت دستی و کپه‌ای در 15 اردیبهشت ماه سال 1384 و به صورت هیرم کاری انجام گردید. چهار عدد بذر در هر کپه و به فاصله 10 سانتی‌متر مورد کاشت قرار گرفت. بذور انتخابی قبلا با قارچ‌کش تیرام (2 در هزار) ضد عفونی شده بودند. اولین آبیاری در تاریخ 20 اردیبهشت ماه سال 1384 و سپس به صورت هفتگی انجام شد. برای آبیاری کرت‌های آزمایشی از لوله‌های پلاستیکی که در مقابل هر کرت دارای یک خروجی قابل تنظیم بودند، استفاده شد که با تنظیم آن‌ها دبی ثابت آب آبیاری حاصل شد. آبیاری کرت‌ها بسته به تیمار آبیاری تا مرحله خاصی از نمو به‌طور یکسان انجام گردید. وقتی گیاهان به مرحله چهار برگی رسیدند عملیات تنک کردن انجام و تنها یک بوته در هر کپه باقی گذاشته شد (تراکم 25 بوته در متر-مربع). قسمت دوم کود اوره (100 کیلوگرم درهکتار) به صورت سرک در مرحله چهار برگی به کار برده شد و بلافاصله آبیاری انجام گردید. عملیات مبارزه با علف‌های هرز به صورت مکانیکی و با دست طی سه مرحله صورت گرفت. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی نمونه گیاهی به تعداد 5 بوته از هر کرت برداشت و صفاتی چون میانگین تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه، اندازه گیری و محاسبه گردیدند.

گیاهان روغنی ناچیز و بر اساس آخرین آمار فائو¹ (2007) سطح زیر کشت و میزان تولید دانه گلرنگ در جهان به ترتیب 0/72 میلیون هکتار و 0/53 میلیون تن و در ایران به ترتیب هزار هکتار و 500 تن است. با توجه به این‌که بخش وسیعی از زمین‌های زیر کشت دنیا در شرایط آب و هوایی نیمه خشک واقع شده‌اند و با توجه به شرایط اقلیمی ایران، هدف آزمایش ضمن بررسی چگونگی واکنش این گیاه به تنش خشکی پیدا کردن رقمی است که با مصرف کمتر آب و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید بتواند بیشترین عملکرد و درصد روغن را تولید نماید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 84 در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان به مرحله اجرا درآمد. محل آزمایش در عرض جغرافیایی 30 درجه و 15 دقیقه شمالی، طول جغرافیایی 56 درجه و 58 دقیقه شرقی و ارتفاع 1753/8 متر از سطح دریا واقع شده است. بافت خاک محل آزمایش لوم شنی و دارای PH معادل 7/9 و هدایت الکتریکی آن 2/11 دسی زیمنس بر متر در عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک بود (جدول 2). آمار هواشناسی محل آزمایش (حداکثر و حداقل درجه حرارت ماهیانه، میانگین درجه حرارت و بارندگی) در طی فصل رشد در جدول 1 آورده شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ارقام مورد استفاده در آزمایش عبارت بودند از رقم محلی اصفهان، رقم IL و رقم LSP. تیمار آبیاری در چهار سطح و از طریق قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی، به قرار زیر اعمال گردید: 1- آبیاری کامل در تمام مراحل رشدی گیاه (شاهد) 2- قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی (تنش ملایم) 3- قطع آبیاری پس از مرحله غنچه دهی (تنش متوسط) و 4- قطع آبیاری پس از مرحله ساقه رفتن (تنش شدید). لازم به ذکر است تا شروع قطع آبیاری در هر مرحله خاص، حجم آب آبیاری برای تمام

جدول 1: حداکثر، حداقل و میانگین درجه حرارت ماهیانه و بارندگی طی فصل رشد در سال 1384

ماه	ماکزیمم دما (c°)	مینیمم دما (c°)	میانگین دما (c°)	میانگین بارندگی (mm)
اردیبهشت	28/5	12	20/8	3/6
خرداد	35/4	15/7	26/9	5
تیر	36/8	18/9	28/9	0/4
مرداد	35/2	16/4	28/8	0/4
شهریور	33/3	12/9	23/9	0

جدول 2: مشخصات خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی (EC)	اسیدیته (PH)	ازت (%)	فسفر mg/kg	پتاسیم mg/kg	شن (%)	لای (%)	رس (%)	بافت
2/11	7/9	0/042	6/56	353	76	10	14	لوم - شنی

$$SLA = LA / LW$$

میزان پرولین نیز بعد از اعمال تیمار قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی با روش بیتس و همکاران (1973) و درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله و پروتئین دانه با روش میکرو کج‌لدال پس از برداشت محصول اندازه گیری شدند.

برداشت محصول در تاریخ 14 شهریور ماه 1384 و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی با دست انجام گرفت. میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5% مورد مقایسه قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین اثرات متقابل از نرم افزار MSTATC و برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده گردید.

نتایج و بحث

تعداد طبق در بوته

تعداد طبق در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول 3)، به‌طوری که تنش شدید با میانگین 7/0 کم‌ترین تعداد طبق در بوته و تیمار شاهد (آبیاری در تمام مراحل رشد) با میانگین

برای تعیین عملکرد نهایی، 3 ردیف وسط هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای و به مساحت یک مترمربع برداشت گردید. محتوی نسبی آب برگ به روش کایا (2001) و بعد از اعمال تیمار قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی اندازه‌گیری شد. بدین منظور نمونه گرفته شده برگ بلافاصله در نایلون زیپ‌دار و سپس در داخل یک نایلون سیاه رنگ و در یک محفظه بسیار سرد به آزمایشگاه منتقل و وزن تر نمونه‌ها (M_1) با استفاده از ترازوی دیجیتالی LIBROR مدل AEL-40SM ساخت شرکت Shimatzu با دقت 0/00001 اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها مدت 4 ساعت در آب مقطر و در محیط تاریک قرار داده شده و پس از حذف رطوبت سطحی مجدداً وزن شدند تا وزن نمونه‌ها در حد اشباع بدست آید (M_2). در پایان نمونه‌ها 48 ساعت در دمای 75 درجه سانتیگراد قرار گرفته و وزن خشک نمونه‌ها (M_3) بدست آمد. برای محاسبه محتوی آب نسبی برگ از فرمول زیر استفاده شد.

$$RWC = \frac{M_1 - M_3}{M_2 - M_3}$$

سطح ویژه برگ (SLA) بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید که در آن LA سطح برگ و LW وزن برگ می‌باشند.

و دوام سطح برگ در گیاه شده که این وضعیت نیز با کاهش سطح فتوسنتز کننده در طول دوره رشد گیاه باعث کاهش تولید اسیمیلات‌ها شده و در نتیجه تعداد دانه کاهش می‌یابد (ولف و همکاران، 1998). در مطالعه فرید (1383) نیز تاثیر تنش خشکی بر تعداد دانه در طبق در گیاه گلرنگ معنی‌دار نبود اما تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در طبق گردید. ابوالحسینی (1381) نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش تعداد دانه در طبق در شرایط تنش گزارش کرد. بین ارقام گلرنگ از نظر تعداد دانه در طبق تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/01$) مشاهده شد (جدول 3). رقم محلی اصفهان با میانگین 18/4 دانه در طبق و رقم LSP با میانگین 16/3 دانه در طبق بدون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بیشترین تعداد دانه در طبق را داشتند و رقم IL با میانگین 11/8 کم‌ترین تعداد دانه در طبق را دارا بود. در مطالعات انجام یافته توسط محمودیه چم‌پیری (1382) و پاسکال و آلبرکوئرک (1996) تنوع قابل ملاحظه‌ای در صفت تعداد دانه در طبق در بین ژنوتیپ‌های گلرنگ در اثر تیمار تنش خشکی مشاهده شد.

وزن هزار دانه

تفاوت بین ارقام از نظر وزن هزار دانه معنی‌دار بود ($p \leq 0/001$). بیشترین وزن هزار دانه مربوط به رقم IL با میانگین 42/4 گرم و کم‌ترین آن مربوط به رقم محلی اصفهان با میانگین 25/2 گرم بود و رقم LSP با میانگین 31/3 گرم در حد وسط قرار داشت. بالاتر بودن وزن هزار دانه در رقم IL را می‌توان به تعداد دانه کمتر در طبق نسبت داد. نتیجتاً مواد فتوسنتزی بیشتری به تک دانه اختصاص یافته و در نتیجه وزن هزار دانه افزایش یافته است. نتایج به‌دست آمده با نتایج گزارش شده توسط محمودیه چم‌پیری (1382) و ابوالحسینی (1381) مبنی بر تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر وزن هزار دانه مطابقت دارد.

13/6 بیشترین تعداد طبق در بوته را داشتند (جدول 4). کاهش تعداد طبق در بوته را می‌توان به قدرت رشد رویشی کمتر گیاه تحت شرایط تنش که از کاهش در صفاتی چون طول ساقه، قطر ساقه و تعداد شاخه‌های فرعی ناشی می‌شود، نسبت داد (داده‌های مربوطه ارائه نشده‌اند). رژیم آبیاری نامطلوب ضمن کاهش سطح برگ‌ها، پیری زودرس آن‌ها را تسریع نموده و بدین وسیله می‌تواند میزان تولید را خیلی بیشتر از آن‌چه که به‌علت اثرات ناشی از شدت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد، کاهش دهد (سرمدنیا و کوچکی، 1378). در نتیجه گیاه به دلیل کاهش منابع و مواد فتوسنتزی تعداد طبق کمتری تولید می‌کند. کاهش 38/1 درصدی توسط فرید (1383) و 13/1 درصدی توسط ابوالحسینی (1381) در تعداد طبق در بوته گلرنگ تأیید کننده نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌باشند. ارقام مورد آزمایش نیز تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/01$) را نشان دادند، به‌طوری‌که رقم محلی اصفهان و رقم LSP به‌ترتیب با میانگین 13/8 و 11/7 بیشترین تعداد طبق در بوته را داشتند و رقم IL با میانگین 7/7 کمترین تعداد طبق در بوته را داشت. فرید (1383) بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر تعداد طبق در بوته تفاوت معنی‌داری را مشاهده نمود.

تعداد دانه در طبق

مقایسه میانگین داده‌های مربوطه نشان داد که تیمار تنش شدید با میانگین 12/9 کم‌ترین و تیمار شاهد با میانگین 17/6 بیشترین تعداد دانه در طبق را تولید کردند (جدول 4). به‌طور کلی تعداد دانه در طبق تحت تاثیر شرایط محیطی طی دوران رشد سریع طبق و شروع رشد مغز دانه قرار می‌گیرد و تعداد دانه در طبق می‌تواند از قبل از شروع گرده افشانی تا مدتی پس از آن تغییر کند (ویللوبس و همکاران، 1996). ماده خشک ذخیره شده در بذر عمدتاً نتیجه فتوسنتز انجام شده می‌باشد، بنابراین در اثر تنش خشکی تعداد سلول‌های بنیادی کاهش می‌یابد و تعداد دانه در طبق کمتری تولید می‌گردد (سرمدنیا و کوچکی، 1378) و از طرفی می‌توان گفت تنش خشکی باعث کاهش سطح ویژه برگ

جدول 3: تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد و صفات فیزیولوژیکی گلرنگ

میانگین مربعات											منابع تغییر	
غلظت پرولین	پروتئین دانه	روغن دانه	سطح ویژه برگ	محتوی نسبی آب	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در طبق	تعداد طبق در بوته		درجه آزادی
*	**	*	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	2	بلوک
**	**	**	ns	ns	ns	*	*	**	**	**	2	رقم
**	**	**	*	**	ns	**	**	ns	ns	**	3	خشکی
**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	6	خشکی × رقم

*, ** به ترتیب معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد ns غیر معنی‌دار

جدول 4: مقایسه میانگین اثرات سطوح خشکی و ارقام بر عملکرد و صفات فیزیولوژیکی گلرنگ

تیما	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت (%)	محتوی نسبی آب برگ (%)	سطح ویژه برگ (cm ² /gr)	روغن دانه (%)	پروتئین دانه (%)	غلظت پرولین (میکرو مول بر لیتر)
سطوح خشکی											
شاهد	13/6a	17/5a	34/7a	181/7a	813/3a	23/3a	83/8a	117/5a	25/6a	18/0d	0/36d
تنش ملایم	13/4a	16/8ab	32/6a	181/0a	796/4a	22/7a	79/1a	124/3ab	25/3a	18/6c	0/51c
تنش متوسط	10/0b	14/7ab	32/4a	91/6b	470/4b	22/1a	73/3b	107/2bc	24/1b	19/0b	1/08b
تنش شدید	7/0b	12/8b	32/2a	80/5b	351/6b	19/3a	69/1b	97/7c	23/6b	20/0a	0/89a
ارقام گلرنگ											
رقم IL	7/6b	11/8b	42/4a	101/7b	484/2b	20/4a	77/8a	108/3a	19/8c	18/6c	0/81a
رقم LSP	11/7a	16/3a	31/3b	148/6a	672/3a	22/3a	77/0a	111/6a	26/4b	19/0b	0/58b
رقم محلی اصفهان	13/7a	18/4a	25/2c	150/7a	667/3a	22/8a	74/3a	115/2a	27/7a	19/1a	0/75a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5% می‌باشند

عملکرد دانه

جدول 5: ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد دانه و

اجزای عملکرد		
عملکرد	تعدادطبق	تعداد دانه
دانه	در بوته	در طبق
*0/957		تعدادطبق در
*0/957	**1/00	تعداد دانه در
0/691	0/672	وزن هزار 0/758

محتوی نسبی آب برگ

نتایج نشان داد که اثر سطوح خشکی بر محتوی نسبی آب برگ بسیار معنی دار بود (جدول 3). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به محتوی نسبی آب برگ (جدول 4) نشان داد که اعمال تنش اساساً باعث افت محتوی نسبی آب می‌گردد که این واکنش توسط باجی و همکاران (2001) نیز گزارش شده است و در این راستا تیمار تنش شدید با میانگین 69/1 درصد محتوی نسبی آب برگ، 17/5 درصد کاهش نسبت به شاهد نشان داد. کاهش معنی دار محتوی نسبی آب برگ با افزایش شدت تنش خشکی توسط ظریف کتابی (1376) در یونجه، سیدیکیو و همکاران (2000) و باجی و همکاران (2001) در گندم گزارش شده است. تفاوت معنی داری بین محتوی نسبی آب برگ ارقام مورد آزمایش مشاهده نشد و اثرات متقابل نیز معنی دار نگردید. (جدول 3).

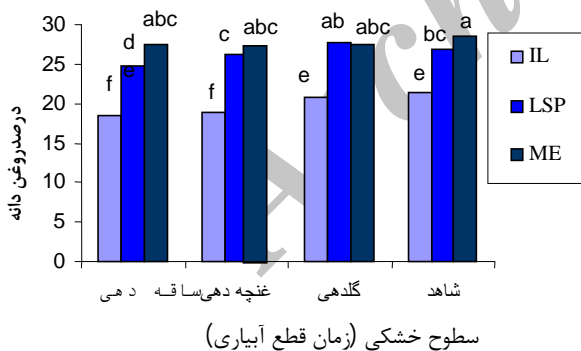
سطح ویژه برگ

سطح ویژه برگ به طور معنی داری تحت تاثیر سطوح تنش قرار گرفت اما بین ارقام مورد آزمایش اختلاف معنی داری مشاهده نشد و اثرات متقابل مربوطه معنی دار نگردید (جدول 3). مقایسه میانگین داده‌های مربوطه (جدول 4) نشان داد که تیمار تنش شدید با میانگین سطح ویژه 97/7 گرم بر سانتی‌متر مربع کاهش 45/5 درصدی را نسبت به شاهد با میانگین 124/3 گرم بر سانتی‌متر مربع نشان داد. به طور کلی تاثیر بیشتر تنش آب بر سطح برگ نسبت به وزن برگ باعث کاهش سطح ویژه برگ یا به عبارت دیگر افزایش وزن مخصوص برگ در گیاهان تحت تنش نسبت به شاهد شد. کاهش

تنش خشکی اثر بسیار معنی داری ($p \leq 0/001$)

بر عملکرد دانه داشت. تیمار تنش شدید بدون اختلاف معنی دار با تیمار تنش متوسط باعث 55/7 درصد کاهش در عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید و این در حالی است که اختلاف معنی داری بین شاهد و تیمار تنش ملایم از نظر عملکرد مشاهده نشد (جدول 4). کاهش عملکرد در دو تیمار تنش متوسط و شدید را می‌توان به کاهش محتوی نسبی آب برگ در مقایسه با شاهد نسبت داد. این کاهش احتمالاً باعث کاهش نسبی آماس سلول‌های محافظ روزنه و نتیجتاً کاهش جذب CO_2 از طریق برگ گشته و از طریق کاهش فتوسنتز بر عملکرد دانه اثر گذاشته است. محتوی آب برگ در تیمار تنش ملایم (79/07%) تفاوت معنی داری با شاهد نداشت و عملکردهای حاصله هم تفاوت معنی داری نشان ندادند. هم‌چنین کاهش محتوی نسبی آب برگ احتمالاً منجر به کاهش رشد سلول‌های برگ و در نتیجه گسترش سطح برگ گشته که این امر کاهش سطح ویژه برگ در مقایسه با شاهد را به دنبال داشته که می‌تواند در فتوسنتز و در نتیجه عملکرد موثر باشد. از طرف دیگر عملکرد دانه نتیجه همبستگی بین اجزا عملکرد می‌باشد، کاهش در اجزا عملکرد باعث کاهش عملکرد دانه و به دنبال آن عملکرد در واحد سطح می‌گردد (سرمدنیا و کوچکی، 1378). در این آزمایش نیز بین عملکرد دانه با تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق در سطح 5% همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده گردید (جدول 5). براین اساس تیمار شاهد با حداکثر تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تنش شدید با حداقل تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق بود. عدم اختلاف معنی دار بین تیمار تنش ملایم (قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی) با شاهد از لحاظ عملکرد نیز به دلیل عدم تفاوت معنی دار تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق در تیمارهای مورد اشاره می‌باشد.

تفکیک می‌باشند (جدول 4). تنش شدید با میانگین 23/6 درصد کم‌ترین و تیمار شاهد با میانگین 25/6 درصد بیشترین مقدار روغن را دارا بودند. در بین ارقام مورد آزمایش رقم محلی اصفهان با میانگین 27/7 درصد بیشترین و رقم IL با میانگین 19/8 درصد کم‌ترین مقدار روغن را دارا بودند. اثرات متقابل مربوطه نشان داد که با افزایش تنش خشکی درصد روغن دانه در سه رقم مورد آزمایش نسبت به شاهد کاهش یافت اما میزان کاهش درصد روغن در همه ارقام یکسان نبود به گونه‌ای که در کلیه سطوح خشکی رقم محلی اصفهان بیشترین درصد روغن را تولید نمود (شکل 1). محمد نصری و همکاران (1385) در کلزا نتایج مشابهی را ارائه نمود و نشان داد که اثر ساده دور آبیاری روی درصد روغن دانه معنی‌دار نگردید، اما اثر ساده رقم و اثر متقابل دور آبیاری و رقم روی درصد روغن دانه در سطح 1% معنی‌دار گردید. مظاهری لقب و همکاران (1382) نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش درصد روغن در آفتابگردان در شرایط تنش ارائه نمودند به طوری که در آزمایش نامبردگان روغن از 33 درصد در حالت تنش به 41 درصد بعد از آبیاری در مرحله گلدهی و به 36 درصد بعد از آبیاری در مرحله دانه‌بندی رسید.



شکل 1: اثر متقابل خشکی و رقم بر درصد روغن دانه

درصد پروتئین دانه

سطوح خشکی، ارقام مورد آزمایش و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها به طور معنی‌داری درصد پروتئین دانه را تحت تاثیر قرار دادند (جدول 3). همان‌طور که مقایسه میانگین‌های ترکیب تیمارها (شکل 2) نشان می‌دهد با افزایش شدت تنش درصد پروتئین دانه در هر سه رقم

سطح ویژه برگ به واسطه تنش آب احتمالاً ناشی از تاثیر بیشتر تنش آب بر رشد و توسعه سلول نسبت به تقسیم سلولی است (کرید من، 1986). ظریف کتابی (1376) نیز اظهار داشت سطح ویژه برگ با 3/46% کاهش در خشکی متوسط، اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت؛ اما خشکی شدید با 16/2% کاهش در سطح ویژه برگ، باعث اختلاف معنی‌داری با شاهد شد.

عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

تنش خشکی اثر بسیار معنی‌داری ($p \leq 0/001$) بر عملکرد بیولوژیک داشت. مقایسه میانگین داده‌های مربوطه نشان داد که تیمار تنش شدید با میانگین 351/5 گرم در مترمربع، کم‌ترین و تیمار شاهد با میانگین 813/3 گرم در مترمربع، بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند (جدول 4). کاهش در عملکرد بیولوژیک را می‌توان ناشی از کاهش سطح ویژه برگ، کاهش در سطح اجزای رویشی و به تبع آن کاهش قدرت منبع (برگ‌ها و سطوح فتوسنتز کننده) دانست. فرید (1383) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمود به طوری که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک داشته و 25/3 درصد کاهش را موجب گردید. در بین ارقام گلرنگ نیز از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0/05$) مشاهده شد. رقم LSP و رقم محلی اصفهان به ترتیب با میانگین 667/3 و 672/3 گرم در مترمربع بیشترین عملکرد بیولوژیک را داشتند و رقم IL با میانگین 484/2 گرم در مترمربع کم‌ترین عملکرد بیولوژیک را داشت. در مطالعه محمودیه چم‌پیری (1382) نیز تفاوت بین برخی از ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد استفاده معنی‌دار شد. بین سطوح خشکی و ارقام مورد مطالعه از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

درصد روغن دانه

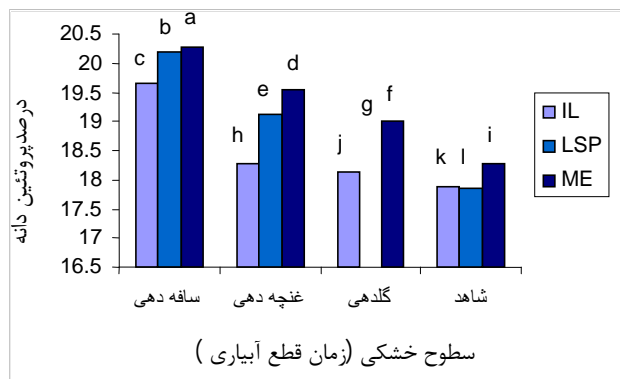
همان‌طور که جدول 3 نشان می‌دهد محتوی روغن دانه به طور معنی‌داری تحت تاثیر سطوح خشکی، رقم و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که میانگین‌های مربوط به این صفت به دو سطح قابل

پرولین را تولید نمودند و بین ارقام مورد مطالعه در این سطوح خشکی اختلاف محسوسی مشاهده نگردید. نتایج مشابهی در این زمینه توسط سایر محققین گزارش شده از آن جمله دی‌رندی و همکاران (2000) نقش کاملا واضح پرولین را در بافت‌های تنش دیده سویا متذکر شدند آن‌ها سویا را در معرض تنش آبی قرار دادند و مشاهده کردند در پتانسیل آب (-0/5) مگاپاسکال، پرولین گیاه تیمار شده 130% شاهد بود. فرخی و همکاران (1383) در بررسی 11 ژنوتیپ سویا در مرحله رشد رویشی بیان داشتند که اثر ژنوتیپ، خشکی و اثرات متقابل آن‌ها بر پرولین موجود در بافت گیاهی معنی‌دار شد و با افزایش تنش خشکی میزان پرولین افزایش یافت. البته تجمع پرولین تحت تاثیر گونه گیاهی و ژنوتیپ قرار می‌گیرد به‌طوری‌که افزایش 3 تا 300 برابری پرولین در گونه‌های مختلف گیاهی تحت تنش خشکی گزارش شده است (دلونی و ورما، 1993). از آن جمله می‌توان به افزایش معنی‌دار آن در اثر تنش در گندم (باجی و همکاران، 2001)، در نخود (سانچز و همکاران، 1998)، در یونجه (ویلسون و همکاران، 1994؛ صفرنژاد، 1996) و در کلزا (کوندو پاول، 1997؛ مراد شاهی و همکاران، 2004) اشاره نمود. تطابق روند افزایش غلظت پرولین در سطوح خشکی با عملکردهای حاصله در این سطوح، حاکی از توانایی نسبی گیاه در تنظیم اسمزی می‌باشد به‌طوری‌که تنش ملایم عملکردی مشابه با شاهد تولید کرد و دو سطح دیگر تنش نیز دارای اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد نبودند.

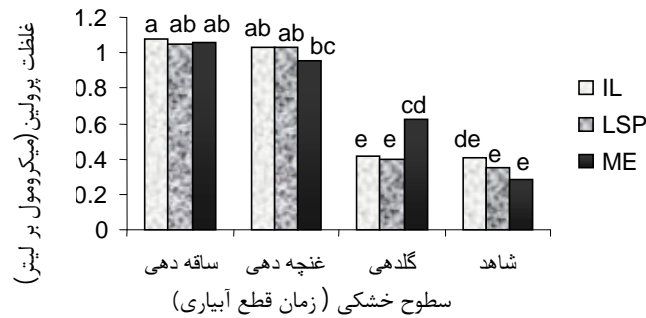
به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در همه سطوح تنش رقم محلی اصفهان بیشترین مقدار این صفت را به‌خود اختصاص داد. تنش شدید با میانگین 20 درصد، بیشترین محتوی پروتئین و تیمار شاهد با میانگین 18 درصد، کمترین مقدار پروتئین را دارا بودند. نتایج به‌دست آمده با گزارشات موحدی دهنوی و همکاران (1385) مطابقت دارد. درصد پروتئین دانه در تیمار تنش شدید نسبت به شاهد 11% افزایش نشان داد (جدول 4) ولی این افزایش در برابر کاهش عملکرد ناشی از تنش ناچیز بود که می‌توان نتیجه گرفت مقدار کل پروتئین در شرایط تنش شدید کاهش پیدا کرد.

پرولین

میزان پرولین برگ مشابه پروتئین تحت تاثیر سطوح خشکی، رقم و اثرات متقابل خشکی و رقم قرار گرفت (جدول 3). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول 4) نشان داد که سطوح مختلف خشکی از نظر میزان تجمع اسید آمینه پرولین در چهار سطح قرار گرفتند. به‌طوری‌که تیمار تنش شدید با میانگین 1/1 میکرو مول بر لیتر، در مقایسه با شاهد با میانگین 0/4 میکرو مول بر لیتر، 66/3% افزایش نشان داد. ارقام مورد مطالعه از نظر میزان پرولین برگ در دو سطح قرار گرفتند. رقم IL و رقم محلی اصفهان به‌ترتیب با میانگین 0/8 و 0/7 میکرو مول بر لیتر بیشترین و رقم LSP با میانگین 0/5 میکرو مول بر لیتر کمترین مقدار پرولین را به‌خود اختصاص دادند. بر اساس میانگین‌های مربوط به اثرات متقابل (شکل 3) در همه ارقام تنش شدید و متوسط بیشترین میزان



شکل 2: اثر متقابل خشکی و رقم بر درصد پروتئین دانه



شکل 3: اثر متقابل خشکی و رقم بر غلظت پرولین (میکرومول بر لیتر)

برگ و در نهایت کاهش عملکرد و درصد روغن دانه شدند، ولی تنش در مرحله گلدهی (تنش ملایم) اثر منفی معنی‌داری بر این صفات نداشت. از این رو با قطع آبیاری از مرحله گلدهی، ضمن کاهش هزینه‌های تولید می‌توان به عملکرد و درصد روغنی برابر با شاهد (آبیاری در تمام مراحل نمو) دست یافت. ضمناً با توجه به صفات مورد ارزیابی و واکنش ارقام مورد بررسی می‌توان رقم محلی اصفهان را به‌عنوان رقم برتر و برای شرایط تنش توصیه نمود.

نتیجه‌گیری

گیاه گلرنگ در برخورد با تنش خشکی از نظر فیزیولوژیکی به طرق مختلفی واکنش نشان می‌دهد. از یک‌طرف با افزایش انباشت پرولین (تنظیم اسمزی) به تنش خشکی واکنش نشان داده و از طرفی با کاهش سطح ویژه برگ (افزایش ضخامت برگ) در شرایط تنش، ضمن کاهش میزان تلفات آب، محتوی نسبی آب برگ را در حد مطلوب حفظ می‌نماید. با این وجود تنش شدید و متوسط اثرات منفی و معنی‌داری بر اغلب صفات اندازه‌گیری شده داشتند و منجر به کاهش محتوی نسبی آب

منابع

- ابوالحسنی، خ. 1381. ارزیابی لاین‌های حاصل از توده‌های بومی گلرنگ در دو رژیم رطوبتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ترک نژاد، الف. و حیدری شریف آباد، ح. 1379. شاخص‌های مقاومت به خشکی در برخی از گونه‌های یونجه یکساله. پژوهش و سازندگی. شماره 48. ص 10-14.
- جهانبین، ش.، طهماسبی سروسستانی، ز.، مدرس ثانوی، س. ع. م. و کریم‌زاده، ق. 1382. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه، برخی از اجزای عملکرد و شاخص‌های مقاومت در ژنوتیپ‌های جو لخت. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. شماره 4. ص 25-33.
- خزاعی، ح. ر. 1381. اثر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناسب‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. 225 ص.
- سرمدنی، غ. ح. و کوچکی، ع. 1378. جنبه‌های فیزیولوژیک زراعت دیم. ترجمه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ظریف کتابی، ح. 1376. ارزیابی برخی از شاخص‌های مقاومت به خشکی در چند گونه یونجه یکساله. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه فردوسی مشهد.
- فرخی، الف.، گالشی، س.، زینلی، الف. و عبدالزاده، الف. 1383. بررسی تحمل به خشکی 11 ژنوتیپ سویا در مرحله رشد رویشی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال 11. شماره 4. ص 59-69.
- فروزان، ک. 1378. گلرنگ. انتشارات شرکت دانه‌های روغنی.
- فرید، ن. 1383. 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.
- کوچکی، ع. و سرمدنی، ع. ح. 1379. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- مظاهری لقب، ح. ا.، نوری، ف. و زارع، ح. 1382. اثرات کاهش تنش خشکی با اعمال آبیاری تکمیلی در آفتابگردان در شرایط دیم. مجله پژوهش و سازندگی. دوره 16. شماره 2. ص 81-86.
- محمودیه چم‌پیری، ر. 1382. 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.
- موحدی دهنوی، م.، مدرس ثانوی، س. ع. م. و جلالی، م. 1385. اثر تنش خشکی و محلول پاشی روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ پائیزه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. شماره 5. ص 1-11.
- نصری، م.، حیدری شریف آباد، ح.، شیرانی راد، ا. ح.، مجیدی هروان، ا. و زمانی زاده، ح. ر. 1385. بررسی اثرات تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک ارقام کلزا. مجله علوم کشاورزی. شماره 4. ص 127-134.
- هاشمی دزفولی، الف.، کوچکی، ع. و بنایان، م. 1375. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

Aspinal, D. and Paleg, L. 1981. Proline accumulation: Physiological aspects. Pages 215-228 in L. G. Paleg and D. Aspinal, eds. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press, Sidney.

Baji, M., Kinet, J. M. and Lutts, S. 2001. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. Plant Growth Regulation, 1-10.

Bates, L. S., Waldem, R. P. and Tear, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39:205-207.

De Ronde, J. A., Spreeth, M. H., Cress, W. A. and Deronde, J. A. 2000. Effect of antisense LDELTAI proline-5- carboxylate reductase transgenic soybean plants subjected to osmotic and drought stress. Plant Growth. 32(1): 13-26.

- Dlauney, A. J. and Verma, D. P.S. 1993. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *Plant J.* 4: 215-223.
- F.A.O. 2007. Available (online: <http://www.FAO.org>).
- Good, A. G. and Steven, T. Z. 1994. The effects of drought stress on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Plant Physiol.* 90: 909-914.
- Husain, I. and Aspinall, D. 1970. Water stress and apical morphogenesis in barley. *Ann. Bot.* 34: 393-408.
- Kaya, C., Higgs, D. and Kirnak, H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Blug. Plant Physiol.* 27: 47-59.
- Kriedman, P. E. 1986. Stomatal and photosynthetic limitations to leaf growth. *Aust. J. of plant physiol.* 13: 15-31.
- Kundu, P. B. And Paul, N. K. 1997. Effect of water stress on chlorophyll, proline and sugar accumulation in rape. *Bangladesh Journal of Botany*, 26: 83-85.
- Moradshahi, A., Salehi Eskandari, B. and Kholdbarin B. 2004. Physiological responses of rape (*Brassica napus*) to drought stress in vitro conditions. *Iranian Journal of Science and Technology.* 28 (A1): 181.
- Ninganoor, B. T., Parameshwarapa, K. G. and Chetti, M. B. 1995. Analysis of some physiological characters and their association with seed yield and drought tolerance in safflower genotypes. *Karnataka Journal of Agricultural Science.* 8: 1. 46-49.
- Pascual- villalobos, M. J. and N. Alburquerque. 1996. Genetic variation of safflower germplasm collection grown as a winter crop in southern Spain. *Euphytica.* 92:327-332
- Safarnejad, A. 1996. Improvement in salt and drought tolerance of alfalfa (*Medicago sativa* L.) using tissue culture and molecular genetic techniques. Phd.thesis, University of Liverpool.
- Sanchez, F. G., Manzanares, M., Andres, E. F., Ternorio, J. L., Ayerbe, L. and De Andres, E. F. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 46 pea cultivars in response to water stress. *Field Crop Research*, 59: 225-253.
- Siddique, M. R. B., Hamid, A. and Islam, M. S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Bet. Bull. Acad. Sin.* 41: 35-39.
- Yoshiba, Y., Kiyosue, T., Nakashima, K., Kamayushi- shino Zaki, K. And Shinizaki, K. 1997. Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. *Plant and Cell physiology.* 38: 1095-1102.
- Villalobos, F. J., Hall, A. J. Ritchie, J. T. and Orgaz, F. 1996. Oil crop- SUN: A development, growth and model of sunflower crop. *Agron. J.* 88:403-415.
- Wilson, R. C., F.X. Long, E. M. Maruoka and J. B. Cooper. 1994. A new proline rich early nodulation from *Medicago truncatula* is highly expressed in nodul meristematic cells. *Plant Cell.* 6: 1265-1275.
- Wolfe, D. W., Henderson, D.W., Hsiao, T. C. and Alvion, A. 1998. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. I: Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. *Agron. J.* 80: 859-864.
- Zhang, J., Nguyen, H. T. and Blum, A. 1999. Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *Journal of Experimental Botany.* 50: 291-302.

Effects of Drought Stress on Yield and Some Physiological Characters of Three Spring Safflower (*Carthamus tinctorius*) Varieties

Baghkhan¹, F. and Farahbakhsh², H.

Abstract:

To do this study a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications was carried out in research farm of Bahonar university, Kerman, in 2005. Drought stress was exerted by withholding water after stem extension stage (severe stress), after blossoming stage (moderate stress) and after flowering stage (mild stress). Irrigation in all growth stages was considered as control. The cultivars were Isfahan native, IL and LSP. Grain and biological yield, number of head per plant, oil percentage, specific leaf area and leaf relative water content were reduced significantly under drought stress. Leaf proline concentration and grain protein percentage increased under stress condition. But drought stress did not significantly affect the number of grain per head, the 1000 grain weight and harvest index. Among the cultivars, the Isfahan native cultivar with the highest number of head per plant and number of grains per head, produced the highest yield. In all three cultivars, with increasing drought stress, the oil percentage decreased but leaf proline concentration and grain protein percentage increased. The Isfahan native cultivar with the highest grain yield, oil percentage and grain protein percentage can be introduced as the best cultivar in this area. The leaf proline concentration of this cultivar was higher than LSP while it had no significant difference with the IL cultivar. Therefore it is able to tackle with drought stress through osmotic adjustment and proline accumulation. Totally, severe and medium stress had a significant negative effect on the measured characters. While in mild stress, no negative effect was observed. Thus, with a mild stress, it is possible to have the same yield and oil production as control and also a decline in production costs.

Keywords: Drought stress, Yield, Yield components, Oil percentage, Grain protein

1 and 2. Former M.Sc. Student and Assistant Professor respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman